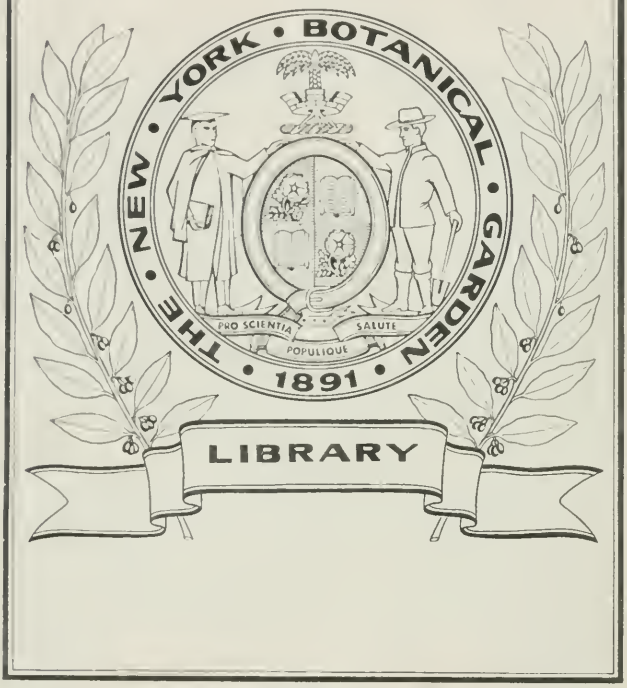
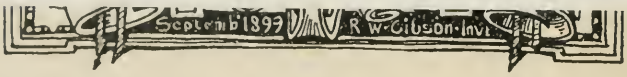
SHOUT
SHARE
IT

XB
.E73

v. 30
1912





BERICHTE

DER

DEUTSCHEN

BOTANISCHEN GESELLSCHAFT.

GEGRÜNDET AM 17. SEPTEMBER 1882.

DREISSIGSTER JAHRGANG.

BAND XXX

MIT 21 TAFELN, EINER BILDNISTAFEL UND 66 TEXTABBILDUNGEN
IN 152 EINZELFIGUREN.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

BERLIN,

GEBRÜDER BORNTRAEGER,

W 35 Schöneberger Ufer 12a

1912

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

Sitzung vom 26. Januar 1912.

Vorsitzender: Herr J. BEHRENS.

Als ordentliche Mitglieder werden vorgeschlagen die Herren

Lesage, Dr. phil. et med. **Pierre**, Professeur Adjoint à la Faculté des Sciences in **Rennes** (durch G. HABERLANDT und C. CORRENS).

Dunzinger, Dr. **Gustav**, Assistent am botanischen Institut der technischen Hochschule zu **München** (durch K. GIESENHAGEN und W. WÄCHTER).

Als ordentliche Mitglieder werden proklamiert die Herren

Tröndle, Dr. **Artur**, in **Freiburg i. B.**,
Lieske, Dr. **Rudolf**, in **Freiburg i. B.**,
Munk, Dr. **Max**, in **Freiburg i. B.**,
Sommerstorff, **Hermann**, in **Wien**,
Ludwigs, Dr. **Karl**, in **Dahlem**,
und Fräulein
Riß, **Marie Marthe**, in **Straßburg i. E.**

Der Vorsitzende teilt mit, daß die in den Voranschlag für 1911 eingestellten und von der Generalversammlung in Danzig genehmigten 500 M. zur Unterstützung wissenschaftlicher Arbeiten Fräulein Dr. R. STOPPEL in Straßburg (Els.) bewilligt sind.

Von Herrn Prof. Dr. E. WARMING ist ein Dankschreiben für die Glückwunschadresse eingegangen, die ihm der Vorstand der Deutschen botan. Gesellschaft zu seinem 70. Geburtstage übersandt hatte.

JUL 14 1922

Herr P. LINDNER legte zu Beginn der Sitzung eine Anzahl Serienphotogramme von Pilzkulturen vor, die in dünner Gelatine- oder Agarschicht in seinen Pilzkulturgefäßen gewachsen waren. Da die Pilzkolonie rosettenartig sich in der dünnen Nährgelatine ausbreitet und die Glaswandung nur eine geringe Dicke hat, kann man mit Gaslichtpapier auf die einfachste Weise Kopien von der Pilzkultur anfertigen. Man preßt dasselbe in der Dunkelkammer fest an die Außenseite des Glases an und setzt es etwa 5—10 Sekunden, je nach der Dichte der Kolonie, dem Licht einer Glühbirne aus. Dann entwickelt man sogleich das Bild und fixiert, und nach etwa 10 Minuten hat man einen naturgetreuen Abdruck in Händen, der vor einer mit einer photographischen Kamera hergestellten Aufnahme den Vorteil voraus hat, daß das Bild der Kolonie in natürlicher Größe auf eine Ebene projiziert erscheint, was bei jener unmöglich ist, da man nur bei kleinen Kolonien Fehler, die sich aus der Rundung des Glases ergeben, vermeiden kann. Größere Kolonien sind nur stark verkleinert einigermaßen scharf auf die photographische Platte zu bringen.

Wenn man täglich zu einer bestimmten Zeit solche Kopien macht, erhält man absolut zuverlässige Werte bezüglich der Wachstumsgeschwindigkeit aller Teile des betreffenden Pilzes, über den Einfluß des Lichtes (Tagesringe), über launenhaftes Auftreten von Farbstoffen und Fruchtbildungen, über Kristallhöfe um die äußere Peripherie u. dgl. m.

Bei Serienaufnahmen wurde an der Außenseite des Glases ein schwarzer Strich aufgetragen und an diesem die täglichen Zuwachsmarken angebracht; sie gaben beim Vergleich der einzelnen Bilder eine zuverlässige Orientierung. Es wird nunmehr keine Schwierigkeiten mehr machen, solche Bildreihen auf den Kinofilm zu bringen und das Wachstum einer Pilzrose in wenigen Sekunden vorzuführen.

Einige Bilder boten Gelegenheit, auf die Launenhaftigkeit des Pilzorganismus hinzuweisen. Ein Pykniden bildender Schimmelpilz zeigte in der Pilzrosette ganz verschiedene Fruktifikation und Färbung. Schmale Sektoren mit ganz kleinen Pyknidenfrüchten wechselten mit breiteren mit großen Pyknidenfrüchten ab und umgekehrt. Bei *Monascus purpureus* traten in der einen prächtig purpurrot gefärbten Rosette zwei Sektoren auf, in welcher ganz unvermittelt die Farbstoffbildung ausgeblieben war, trotzdem die Tagesringbildung die ganze Rosette gleichmäßig durchzog. Bei einer anderen Kultur desselben Pilzes war nur an der Aussaatstelle etwas Purpurfarbstoff gebildet; dann folgten eine große Anzahl

Ringe ohne Farbstoff, endlich nahe der Peripherie bildeten sich zwei Ringzonen mit zarter Purpurfärbung. Dort war also in radiärer, hier in peripherer Richtung die Farbstoffbildung launenhaft ausgeblieben bzw. aufgetreten. Eine Erklärung dieses sonderbaren Verhaltens kann nicht gegeben werden. Die radiär auftretenden Variationen erinnern durchaus an die von NADSON und KONOKOTINE an *Guilliermondia fulvescens*, der interessanten Eichenschleimflußhefe, beobachteten Erscheinungen, wo nur in bestimmten Sektoren Sporenbildung eintritt und, mit dieser zusammenhängend, gelblichbräunliche Verfärbung. Ganz überraschend verschiedene Sektoren bei derselben Pilzrosette zeigte ein der Gattung *Harziella* nahestehender Pilz, welcher die zartesten smaragdgrünen Myzelien gibt. In älteren Pilzrosetten bildet der üppig fruktifizierende Pilz stellenweise weiße, nicht fruktifizierende Watten, die aussehen, als wenn Fremdpilze in die Kultur gekommen wären. Bei der Aussaat solcher Wattenteilchen kann man Pilzrosetten erhalten, die zu $^9/_{10}$ aus solchen weißen Watten bestehen, und nur ein schmaler Sektor besteht aus fruktifizierendem, schön grün gefärbtem Myzel. Die Launenhaftigkeit des oben erwähnten noch nicht näher bestimmten grünen Pilzes äußert sich auch gegenüber dem Licht. Es wurden grüne Rosetten ohne geringste Anzeichen einer Ringbildung beobachtet, andere wieder mit deutlicher Tagesringbildung.

Besonders zarte Kopien konnten von Kolonien von *Endomyces Magnusii* vorgezeigt werden. Hier wechselt die Tendenz zu ästig verzweigten Strangmyzelien ab mit solcher zu kompakten Belägen. Hier scheinen wie bei *Monilia variabilis* verschiedene „Generationen" dem Formenkreis der Art anzugehören. Herr LINDNER glaubt, daß die Einfachheit seiner Kulturmethode in Verbindung mit der leichten Herstellbarkeit von Kopien derselben dem Studium der Pilzgruppe einen neuen Anstoß geben wird, insbesondere dem Studium der Variation.

Mitteilungen.

I. P. Graebner: Rückschlagzüchtungen des Maises[1]).

(Vorläufige Mitteilung.)

(Mit Doppeltafel I.)

(Eingegangen am 3. Januar 1912.)

Angeregt durch die von ASCHERSON und anderen behauptete nahe Verwandtschaft von Mais und Teosinte (*Euchlaena luxurians* resp. *E. mexicana*[2]) und die Tatsache, daß wirklich wildwachsender Mais nirgend bekannt war, habe ich schon vor fast 20 Jahren meine Aufmerksamkeit auf Mißbildungen und Rückschläge gerichtet. Die von amerikanischen Botanikern (HARSHBERGER usw.) gezogenen Bastarde und Zwischenformen zwischen dem Mais und der Teosinte ließen dem Gedanken, daß wir im Mais eine wenigstens in bezug auf den weiblichen Kolben monströse Kulturform[3]) vor uns haben, mehr Raum. Verästelungen des Maiskolbens sind seit langer Zeit ebenso bekannt wie das Auftreten weiblicher Blüten im männlichen Blütenstande und umgekehrt, das männlicher oder zwittriger Blüten im weiblichen. BELHOMME hat diese Formen[4]) bekanntlich als var. *androgyna* beschrieben[5]). ASCHERSON und ich erwähnten bei Gelegenheit der Bearbeitung der Gattung für die Synopsis der Mitteleuropäischen Flora II, 1, 59 noch das Vorkommen von fast porzellanartig, fast verhärtenden glänzenden Hüllen am Grunde einzelnstehender Früchte; verhärtende Fruchthüllen stellen eine Eigenart dar, die wohl allen Maydeen außer dem Maise zukommt.

Im laufenden Jahre hat nun ILTIS[6]) eine Arbeit veröffentlicht „über einige bei *Zea Mais* L. beobachtete Atavismen, ihre

1) Vom Verf. bereits in der Dezembersitzung vorgetragen.

2) Vgl. ASCHERSON, Verh. Bot. Ver. Brandenb. XVII (1875), 80. Sitzber. Ges. Naturf.-Freunde, Berl. 1876, 160. Bot. Zeitg. XXIV (1887). 194, XXV, 521.

3) Vgl. auch K. SCHUMANN in Festschrift ASCHERS. 70. Geburtst. 137.

4) Bull. Soc. Bot. France IX (1862), 533, 534.

5) Vgl. auch SCHUR, Österr. Bot. Zeit. IX (1859), 11. LOESENER, Verh. Bot. Ver. Brandenb. XLV (1903), 146 T. II.

6) Zeitschrift für induktive Abstamm.- u. Vererb.-Lehre V (1911), H. 1. T. II. III.

Verursachung durch den Maisbrand, *Ustilago Maydis* DC. (Corda) und über die Stellung der Gattung *Zea* im System", in der er einige ganz ähnliche Rückschlagsbildungen des Maisblütenstandes, durch den Brandpilz verursacht, erhielt, wie sie im folgenden als hier im Garten durch Züchtung entstanden, beschrieben werden sollen. ILTIS schließt aus den Bildungen, in denen sich die „Andropogoneenähre" ausgeprägt zeigt, d. h. bei denen die Rispenäste des männlichen Blütenstandes stets eine sitzende weibliche und eine gestielt männliche Blüte nebeneinander tragen (Taf. I Fig. 3) auf die Richtigkeit der von HACKEL und STAPF ausgesprochenen Ansicht, daß die Maydeen den Andropogoneen untergeordnet werden müssen.

Bereits im alten Botanischen Garten machte ich den Versuch, „Mißbildungen" des Maises, die verästelten Kolben, androgyne Formen und auch das einmal wieder beobachtete Auftreten von harten kugeligen Höhlungen am Grunde der Frucht weiterzuzüchten. Bei den beiden angestellten Versuchen kam ich aber leider nicht über 2 Generationen hinaus, denn das erste Mal wurden die einzigen Versuchspflanzen durch einen Frost zerstört, das zweite Mal wurden die Früchte nicht reif. Durch den langwierigen Umzug des Gartens nach Dahlem wurde die Möglichkeit der Wiederanstellung dann weit hinausgeschoben. In den ersten Jahren der größeren Ruhe im neuen Garten ließen sich am Maise gar wenig Bildungsabweichungen finden und meist nur solche von geringerer Bedeutung. Erst im Jahre 1908 traten an durch Bastardierung verschiedenen Maissorten (dunkler, heller, Zucker- und Hühnermais miteinander) doch eine Reihe von Abänderungen auf und zwar ästige Kolben, Kolben mit männlichen Spitzen und zahlreiche weibliche Blüten in männlichem Blütenstande. Von den im Jahre 1909 davon aufgezogenen Pflanzen erwiesen sich fast nur diejenigen als wieder monströs, deren Früchte durch den Farben- und Formenwechsel die hybride Abstammung der betr. Individuen erkennen ließen.

Die Pflanzen mit gemischt geschlechtlichen Blütenständen wurden nun numeriert und genau beschrieben, ihre Fruchtstände dann in das botanische Museum gebracht. Von jeder Nummer wurden im Frühjahr 1910 eine Anzahl Samenpflanzen in den Garten des Botanischen Museums ausgepflanzt und beobachtet. Etwa $^1/_3$ derselben zeigte einen normalen Aufbau, diese wurden sofort entfernt. Von den androgynen Blütenständen wurden die besten sofort beim Erscheinen in feine Gaze gebeutelt und mit Pollen derselben Pflanze künstlich bestäubt. Fig. 1 bis 6, Taf. I zeigen einige der 1910 gewonnenen zur Fortpflanzung bestimmten

Fruchtstände und Teile von solchen. — Herr Prof. SCHWEINFURTH, der ja stets der Frage der Herkunft der Kulturpflanzen hohes Interesse entgegenbrachte, interessierte sich noch für meine Kulturen. Bei der Besichtigung machte er mich darauf aufmerksam, daß die wilden Formen der Kulturgräser eigentlich alle am Grunde bestockt seien, daß die Einstengeligkeit, die ja auch für die meisten Kulturformen des Maises so charakteristisch ist, zumeist eine Folge der Kultur sei. Dieser Anregung folgend, suchte ich nun aus den Formen mit androgynen Blütenständen diejenigen heraus, die am Grunde am stärksten verästelt waren (Textfigur 2). Dabei ergab sich schon das Resultat, daß, je stärker die Seitenzweige des Maises (also eigentlich die Kolben) verlängert und mit Laubblättern (nicht nur wie der normale Kolben mit Scheidenblättern) besetzt waren, desto sicherer trat mindestens an der Spitze des Kolbens eine männliche Ähre auf (Taf. I Fig. 7). Je ähnlicher also die Seitenäste dem Hauptstengel in ihrem Aufbau wurden, desto mehr löst sich der Kolben in irgendwelche ästigen androgynen Gebilde auf. Beim Einsammeln der Ernte wurden die den Mutterpflanzen (von 1909) am meisten entsprechenden Pflanzen mit A, etwa abweichende mit B, C usw. hinter der Nummer von 1909 bezeichnet.

Unter den Pflanzen des Jahres 1909 hatte sich zufällig eine mit androgynen Blütenständen gefunden, bei der die einzeln stehenden Früchte in verhärteten, einem Eichelnäpfchen nicht unähnlichen, Hüllen saßen. Leider wurden die porzellanartig glänzenden weißen Hüllen erst beim Heranwachsen der Früchte bemerkt; die Fruchtstände waren daher nicht gebeutelt und von den Sperlingen stark beschädigt worden, doch ließen sich zur Aussaat genügend Früchte gewinnen. Taf. I Fig. 2 zeigt einen Fruchtstand der daraus gezüchteten Generation 1910. Die einem Eichelnäpfchen ähnlichen glänzenden Hüllen sind am Grunde der Früchte auch im Bilde leicht zu erkennen. Die daraus gezüchteten Pflanzen 1911 hatten nur zum Teil etwas größere verhärtete Hüllen, aber bei den meisten war der schmale, oft gefurchte Hautrand der Hüllen erheblich vergrößert, oft fast laubartig und namentlich waren an einigen Exemplaren die in dem „Näpfchen" sitzenden Früchte auch im männlichen Blütenstande aufgetreten. Den verhältnismäßig langsamen Fortschritt möchte ich dadurch erklären, daß es bisher nicht gelang, Pflanzen mit stark verlängerten laubtriebartigen Seitenzweigen zu erziehen.

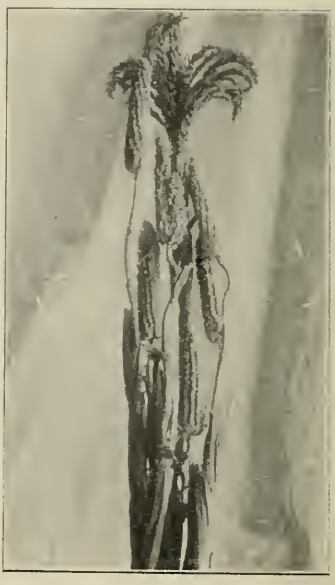
Die übrigen Aussaaten des Jahres 1911 haben sich größtenteils in sehr interessanter Weise weiterentwickelt, nur einige Nummern zeigten starke Rückschläge zum Typus der Kulturformen

und zwar auch hier wieder ausschließlich nichtästige Pflanzen. Die Auswahl der Formen und die Weiterzucht wurde in der Weise vorgenommen, daß zunächst alle Pflanzen, die rein männliche Blütenstände hervorbrachten vor der Blüte kastriert wurden. Gleich beim Erscheinen der Blütenstände sieht man auch schon die fadenförmigen Narben mit zum Vorschein kommen; fehlten diese, so wurde der ganze Blütenstand herausgezogen, um eine Bestäubung mit diesen nicht erwünschten Formen zu verhindern und nur androgyne Blütenstände zur Verstäubung des Pollens zu veranlassen. Besonders charakteristische Formen wurden frühzeitig in feine Gaze gebeutelt, um Fremdbestäubung bei ihnen zu verhindern. Diese selbstbestäubten Pflanzen sollen zur Weiterzüchtung und Beobachtung der bestimmten Form dienen, die übrigen der freien Bestäubung der Pflanzen mit androgynen Blütenständen untereinander zugänglichen sollen gleichfalls weiter gezogen werden; vielleicht ergeben sich, wie aus den Bastarden bisher auch weiter neue Formen.

Soweit die wenigen vorliegenden Generationen bisher erkennen lassen, ergeben sich bei der Weiterzüchtung der Pflanzen mit gemischt geschlechtlichen Blütenständen zwei verschiedene Formenreihen. Erstens; waren Früchte von solchen Pflanzen genommen, bei denen die weiblichen Blütenstände, also die Kolben, verzweigt waren, indem sie dann entweder an der Spitze einige männliche Blüten trugen (Taf. I Fig. 1) oder die Seitenästchen mehr oder weniger verlängert männlich waren (Taf. I, Fig. 2). Die aus ihnen gezogenen bereits am Grunde ästigen Pflanzen besaßen sämtlich aufgerichtete Triebe, die sich kräftig verlängerten, normale Laubblätter trugen und z. T. sogar den Blütenstand des Mitteltriebes schließlich überragten. Der endständige Blütenstand des Mitteltriebes war bei den meisten Exemplaren nach dem obenerwähnten „Andropogon-Typus“ (Taf. I Fig. 3, 5, 6 u. Textfig. 2) gebaut mit mehr oder weniger zahlreichen weiblichen Blüten drin. Nur in einem Falle war er denen der seitlichen Triebe ähnlich. Diese, die in den gehenden Generationen wie erwähnt nur einige männliche Blüten an der Spitze trugen, waren jetzt schlank und dünn senkrecht nach oben gerichtet und allmählich oder plötzlich übergehend endigten die weiblichen Kolben in eine bis über 2 dm lange schlanke bis etwas dicke männliche Ähre (Taf. I Fig. 7). Bei den meisten Exemplaren dieser Reihe fehlten alle kurzgestielten seitlichen Kolben völlig, andere waren wohl angelegt, verkümmerten aber im Laufe der Entwickelung, brachten gar keine oder nur wenig Früchte. In den rispigen endständigen Blütenständen machte sich auch wie bei den folgenden oft eine Vergrößerung der Spelzen bemerkbar.

Weit zahlreicher aber als die eben beschriebenen waren diejenigen Formen, die aus Kolben gezogen waren, die eine starke Neigung zur Vergrößerung der Spelzen zeigten, die also etwa dem Balgmais ähnlich gebaut waren, aber natürlich androgyne Blütenstände (end- oder seitenständige) besaßen. Hier scheinen alle die aus mehreren Reihen gezogenen Pflanzen einem Endtypus zuzustreben. Bereits im vorigen Jahre (1910) hatte sich aus einer solchen Aussaat eine Pflanze mit dem endständigen Blütenstande Fig. 4 (Taf. I) gebildet, der sorgfältig gebeutelt und selbstbestäubt wurde. Aber nicht nur aus der Nachkommenschaft dieser Pflanze, sondern

1



2

Fig. 1. Gleichgestaltete end- und seitenständige androgyne Rispen.
Fig. 2. Eins der ästigen Exemplare noch mit echten Kolben, die aber alle an beblätterten Stengeln aufrecht stehen und an der Spitze kurz männlich, z. T. schon verzweigt sind.
(Züchtungen des Jahres 1911.)

auch aus anderen Pflanzen derselben und ähnlich gestalteten Reihen ergaben sich in sehr großer Zahl Individuen, die keinen einzigen normalen Kolben mehr besaßen. Die unteren seitlichen Blütenstände zeigten, soweit sie nicht an stengelartig verlängerten Ästen saßen, fast kugelige bis schlank kegelförmige Gestalt. Am Grunde waren sie (meist sehr regelmäßig) kurzästig, die Verzweigung war aber stets in den sehr (bei einigen bis über 1 dm langen, bei den meisten aber viel kürzeren) laubartigen unteren Spelzen versteckt.

(Taf. I, Fig. 7, 8.) Nach oben wurden die Spelzen dann kürzer, schlossen aber fast stets doch noch alle Früchte ein. Einige von diesen Gebilden sind dick kopfförmig und machen einen ganz monströsen Eindruck, enthalten aber trotzdem reichlich gut entwickelte Früchte, die meist ebenso wie die der rispigen Blütenstände kugelig sind, von der Gestalt des „Maiskorns" nicht mehr viel zeigen. An den stark verlängerten Seitenzweigen mit typischen Laubblättern lösten sich diese „Kolben" aber ganz allmählich auf. Die Internodien waren gestreckter, das Ganze lockerer und das Gebilde näherte sich mehr und mehr einer echten Rispe, wie sie denn auch mehrfach an den obersten resp. den am stärksten verlängerten Zweigen auftraten. Besonders interessant war hierbei, daß verschiedene der seitlich entstandenen „aufgelösten Kolben" so völlig einzelnen der endständigen Blütenstände glichen, daß man sie ohne Prüfung der Stellung nicht unterscheiden kann (Taf. I Fig. 8 und Textfigur 1). Bei einigen Aussaatreihen zeigten sämtliche Exemplare diese Eigenart, waren also (soweit man bei etwa 10 – 20 Exemplaren den Ausdruck gebrauchen darf) mit 100 pCt. konstant.

Je kolbenähnlicher die seitlichen Blütenstände sind, desto weniger männliche Blüten treten in ihnen auf, je rispenartiger sie waren, desto mehr. In allen finden sich reichlich wohlausgebildete Früchte.

Auch bei der Ernte dieses Jahres wurden die abweichenden Formen der einzelnen Aussaatreihen wieder besonders numeriert, also etwa als 2 B II usw., um im nächsten Jahre die Weiterentwicklung beobachten zu können.

Die große Mehrzahl der Pflanzen war völlig gesund, nur bei einigen wenigen trat Maisbrand auf, wie ja fast stets auch in den Kulturen normaler Maispflanzen. Zufällig wurden auch von einer 1910 brandkranken monströsen Pflanze (ästige Kolben), die sich in den weit entfernten Kulturen in der systematischen Abteilung des Gartens fand, Früchte unter besonderer Nummer ausgesät. Alle daraus erwachsenen Pflanzen waren 1911 der normalen Kulturform wieder gleich. — Daß es sich bei diesen Ergebnissen nicht um verkümmerte usw. Pflanzen handelt, zeigte der stets kräftige Wuchs der reichlich bewässerten Pflanzen.

Ich hoffe, dieser vorläufigen Mitteilung nach Gewinnung eines reichlicheren Zahlenmaterials später eine ausführliche Arbeit mit Angabe der aus den einzelnen Individuen und Reihen gewonnenen Resultate folgen lassen zu können. Vorläufig denke ich aber darauf verzichten zu müssen, da mir zwar das allgemeine

bisherige Bild interessant erscheint, daß aber bei der geringen Zahl von 4 Generationen und nur etwa je ca. 10 bis 20 der Nachkommen jeder eigenartigen Form (es wird dadurch schon ein erheblicher Raum eingenommen) die bis jetzt vorliegenden Zahlen doch ein trügerisches Bild geben können, jedenfalls nicht zuverlässig sind.

Erklärung der Tafel I.

Züchtungen des Jahres 1910.

Fig. 1. Ästiger Kolben, nur an der Spitze wenige, männliche Blüten.

Fig. 2. Kolben mit männlichen Ästen, die Früchte mit den porzellanartigen „Näpfchen" am Grunde.

Fig. 3. Teile von endständigen androgynen Rispen (Fig. 5, 6) nach dem „Andropogontypus".

Figur 4. Endständiger androgyner Blütenstand mit vergrößerten Spelzen (durch die zu enge Beutelung gepreßt und verbogen).

Fig. 5. Endständiger androgyner, sonst normaler Blütenstand.

Fig. 6. Mehrere solcher Blütenstände.

Züchtungen des Jahres 1911.

Fig. 7. Aus Fig. 1 gezüchtete „aufrechte Kolben" mit männlichen Ähren und aus Fig. 4 gezogene Kolben mit Vergrößerung der Spelzen und Verzweigungen (Übergänge zu den endständigen androgynen in Fig. 4 und 8.)

Fig. 8. Einige weibliche Kolben einer Aussaat mit der fortschreitenden Ausbildung der Spelzen bis zur (links) schon deutlichen Verlaubung und Verzweigung zu Grunde.

---

2. Julius Schuster: Die systematische Stellung von Rhizocaulon.

(Mit einer Textabbildung.)

(Eingegangen am 13. Januar 1912.)

Vor kurzem hat A. ENGLER eine in Kamerun vorkommende Cyperacee mit baumartig verzweigtem Stamm, wie er den Pandaceen eigen, beschrieben (1) und durch anatomische Untersuchung gezeigt (2), daß der interessante, *Schoenodendron Buecheri* genannte

Typus einen oberirdischen, unter den Blattbasen verborgenen Mantel von Adventivwurzeln besitzt, der kaum weniger dick ist als der Stamm selbst. Diese Wurzeln entspringen an den Stengelgliedern in verschiedener Höhe und wachsen durch die Scheidenteile der Blätter, parallel zur Stammoberfläche, senkrecht nach abwärts. So entsteht an dem untersten Teil des Stammes ein mächtiges Wurzelgeflecht, welches dem Querschnitt ein charakteristisches Gepräge verleiht.

Dieses eigentümliche Verhalten der Wurzeln fand ENGLER unter den gegenwärtig bekannten Cyperaceen nur bei dem brasilianischen *Cephalocarpus dracaenula* Nees wieder und so mag es nicht ohne Interesse sein, auf eine längst beschriebene fossile Gattung hinzuweisen, die, wie ich glaube, als dritte im Bunde hier anzugliedern ist: SAPORTAs *Rhizocaulon*, dessen Identifizierung ein altes Desiderat der Palaeophytologie bildet.

Von *Rhizocaulon* kennt man ebenso genau die Abdrücke der Stammstücke und Blattfragmente als deren Innenstruktur aus zahlreichen verkieselten Resten und nur die Zusammengehörigkeit der leider ausschließlich in Abdrücken vorliegenden Blütenstände ist, wenngleich durch die zahlreichen Funde SAPORTAs höchstwahrscheinlich, über allen Zweifel noch nicht erhaben, weil es bisher nicht gelungen ist, sie in direktem Zusammenhange mit den vegetativen Organen nachzuweisen. Dafür sind aber die letzteren so gut bekannt und charakteristisch gebaut, daß bei der Frage nach der systematischen Stellung von *Rhizocaulon* die Blüten vorerst weniger wichtig erscheinen und es genügen mag, auf die Wahrscheinlichkeit hinzuweisen.

SAPORTA hat von seinem *Rhizocaulon* eine größere Anzahl von Arten aus verschiedenen Formationen und Orten beschrieben, deren Bestimmung sich zum Teil nur auf mangelhaft erhaltene Abdrücke stützt und daher zweifelhaft ist. So ist *Rhizocaulon* für den oberen Jura von Portugal angegeben, was natürlich kaum richtig sein dürfte, da bis jetzt Reste von Monocotyledonen aus dem Jura mit Sicherheit nicht bekannt sind. Dagegen ist es außer allem Zweifel, daß die Gattung *Rhizocaulon* bei der Zusammensetzung der hygrophilen Flora des südfranzösischen Oligozäns eine wichtige Rolle spielte und hier, so namentlich bei Aix, bestandbildend auftrat. Die in der folgenden Tabelle verwerteten Merkmale beziehen sich alle auf ***Rhizocaulon Brongniarti*** von Aix, welches aus zahlreichen verkieselten Exemplaren so gut wie möglich bekannt ist und als Typus der Gattung betrachtet werden kann.

Vergleichende Übersicht der 3 baumartigen Cyperaceen mit oberirdischem unter den Blattbasen verborgenem Wurzelmantel.

Art	1. *Schoenodendron Buecheri* Engler	2. *Cephalocarpus dracaenula* Nees	3. *Rhizocaulon Brongniarti* Saporta
Habitus und Höhe	Baumartig, aufrecht, bis 0,60 m hoch	Ebenso, aufrecht oder aufsteigend, bis 1,10 m hoch	Ebenso, bis 1,50 m hoch
Stamm	Oben wiederholt gegabelt, unten 5 mm dick,	Einfach oder einmal gegabelt, 4 mm dick	Ebenso, 6 mm dick
	von spiralig angeordneten Blattbasen dicht bedeckt,	Ebenso	Ebenso
	von einem 5 mm dicken Mantel z. T. durch die Scheidenteile der Blätter hindurchwachsender, nach unten verlaufender und hier wurzelnder Adventivwurzeln bedeckt	Ebenso	Ebenso
Blätter	Starr, aufrecht, lineallanzettlich, bis 5 cm lang,	Ebenso, bis 10 cm lang	Ebenso, breitlineal, bis 30 cm lang
	am Grunde 3 mm breit, mit langem, dünnem Scheidenteil	Ebenso	3 cm breit, ebenso
Blütenstand	30 cm lange, mehrfach verzweigte Rispe,	6 cm lang, einfach	Wie 1.
	Scheinähren cymös, an sehr dünnen Stielen,	köpfchenförmig, ebenso	(nur Abdrücke, Zugehörigkeit höchst wahrscheinlich)
	aus 7 bis 12 einblütigen Ährchen bestehend,	Ährchen 5 bis 6	
	Ährchenbrakteen pfriemlich, bis 3,5 mm lang	Ebenso, bis 4 mm lang	
Anatomie des Stammes	Bündel mit starken Bastlagen auf der zentripetalen Seite, nur durch schmale Partien vom Grundgewebe getrennt, nach außen konkave Bastplatten und dünnes Rindengewebe	Ebenso	Ebenso
Anatomie der Adventivwurzeln	ca. 7 radiäre Bündel mit 1 bis 2 großen Gefäßen,	Ebenso mit 3 bis 4 großen Gefäßen	ca. 12 Bündel mit 2 großen Gefäßen
	Endodermis normal,	auffallend dickwandig	Endodermis normal
	außen Absorptionsgewebe mit wenigen Querwänden	Rindengewebe von radialen Luftgängen durchsetzt	Ebenso
Anatomie des Blattes	Mit längsovalen Luftkanälen zwischen den deutlich T-förmigen Bastträgern	Ebenso	Ebenso
Heimat	Rezent, Kamerun (Jaunde, Croß-Fluß)	Rezent, Rio Negro (Japurá-Fluß)	Fossil, Oligozän Südfrankreichs (Aix, St. Zacharie), auch Kreide (Fuveau)
Vorkommen	Xerophil (Gneiskuppen und Felsen)	Hygrophil (meterhoher Humus feuchter Wälder)	Hygrophil
	Einzeln?	In dichten Rasen	Ebenso
Habitusbild	ENGLER l. c. Fig. 1 ($^1/_3$ n. Gr.)	Diese Berichte Fig. S. 14 sowie Fl. Bras. Taf. 18	SAPORTA (2) l. c. Taf. 4, Fig. 2C ($^1/_8$ n. Gr.) sowie SAPORTA (5) Fig. 70

Aus dieser Übersicht geht hervor: 1. Es besteht eine weitgehende morphologische und systematische Übereinstimmung zwischen *Schoenodendron, Cephalocarpus* und *Rhizocaulon;* 2. im Vergleich zu *Schoenodendron* steht *Rhizocaulon* der Gattung *Cephalocarpus* viel näher und unterscheidet sich von letzterer — von den nicht ganz sicheren Blüten abgesehen — anatomisch kaum und durch die stärkeren Größenverhältnisse nur wenig; 3. die anatomischen Unterschiede zwischen *Rhizocaulon* und *Cephalocarpus* einer-, *Schoenodendron* andererseits erklären sich aus dem xerophilen Vorkommen des letzteren und dem hygrophilen Standort der ersteren.

Es könnte der Einwurf gemacht werden, ob der — wenngleich äußerst charakteristische — anatomische Bau von *Rhizocaulon* berechtige, dieses den Cyperaceen zuzuführen; ob nicht vielleicht auch andere Monocotyledonen ähnlich gebaut sein könnten. Indes geht aus ENGLERs Arbeit hervor, daß außer den Cyperaceen *Schoenodendron* und *Cephalocarpus* nur die Velloziaceen durch einen oberirdischen, unter den Blattbasen verborgenen Wurzelmantel ausgezeichnet sind. Die Velloziaceen sind aber ausgesprochene Xerophyten, während sich die *Rhizocaulon*-Arten (wie auch *Cephalocarpus*) schon durch die radialen Luftgänge zwischen den Speichen des Rindenparenchyms der Adventivwurzeln und den Bastträgern der Blätter als Bewohner eines feuchten, wasserreichen Bodens dokumentieren. Zudem hat früher schon SCHUMANN, namentlich auf Grund der Blattanatomie, *Rhizocaulon* für eine Cyperacee erklärt und speziell *Cladium Mariscus* zum Vergleich herangezogen. SAPORTA sprach sich allerdings noch für die Zugehörigkeit zu den Eriocaulaceen und besonders den Restiaceen aus, wo ihm namentlich die Blütenstände brauchbare Vergleichsobjekte zu liefern schienen. Allein einmal ist die Identität dieser Blütenstände mit *Rhizocaulon* nicht ganz sicher, zweitens sind davon nur Abdrücke bekannt und drittens stimmen sie, soweit die Reste erkennen lassen, mit denen von *Schoenodendron* so gut überein, daß auch aus diesem Grunde die Stellung bei den Cyperaceen nicht mehr zweifelhaft sein dürfte. Ich bin der Ansicht, daß das Habitusbild von *Cephalocarpus* rücksichtlich der vegetativen Organe beinahe noch ein besseres Bild von dem Aussehen der *Rhizocaulon*-Pflanzen liefert als SAPORTAs bekannte Rekonstruktion.

Dieses Bild, durch die Reproduktion in SAPORTAs Pflanzenwelt (S. 260) weiteren Kreisen bekannt, stellt die Pflanze in wenig tiefem Wasser eingewurzelt dar und zeigt die zum Teil nach unten wachsenden und hier seitliche Organe treibenden Adventivwurzeln, die dann natürlich als Nährwurzeln dienen. Auch bei *Cephalocarpus*

Cephalocarpus dracaenula Nees, von MARTIUS in den Bergwäldern des Cupati am Japurá (Provinz Rio Negro) gesammelt, zwei oben einmal gegabelte Exemplare (in der Flora brasiliensis t. 18 irrtümlich zu einer einzigen Pflanze kombiniert); $^1/_2$ der nat. Größe (Orig. im Bot. Mus. München). Kann hinsichtlich der vegetativen Teile ganz gut als Rekonstruktion von *Rhizocaulon* gelten.

hängen die Adventivwurzeln, die stets seitlich der Gefäße entstehen, teilweise frei herunter und verzweigen sich hier. Die meisten stellen aber schon vorher ihr Wachstum ein und vertrocknen, nachdem eine starke Verholzung der Gewebe eingetreten ist. Diese bilden eben den charakteristischen Wurzelmantel unter den persistierenden Blattbasen. Ihrer biologischen Bedeutung nach dürften sie als humussammelnde Organe aufzufassen sein. *Cephalocarpus* wächst ja in den nebelreichen Bergwäldern der Provinz Rio Negro am Japurá „forte nunquam humano pede pressis, ubi humus trium pedum altitudine", wie die Flora brasiliensis angibt. Vielleicht wuchs *Rhizocaulon* unter ähnlichen Bedingungen, jedenfalls ist die Tatsache, daß die Luftwurzeln auf dem feuchten Substrat sich verzweigen und zu Nährwurzeln werden, leicht verständlich. Bei dem auf trockenen Felsen, z. B. Gneiskuppen, vorkommenden *Schoenodendron* dagegen sind diese Luftwurzeln mit einem wasserspeichernden Velamen versehen. Die Ähnlichkeit mit den gleichfalls xerophilen Velloziaceen ist wieder ein Beispiel für konvergenten „Standortshabitus" systematisch weit abstehender Familien. Daß indes sowohl die Velloziaceen als auch die baumartigen Cyperaceen phylogenetisch alte Typen darstellen, scheint schon daraus hervorzugehen, daß sie sehr beschränkte Areale bewohnen. Außerdem hat ENGLER bei *Schoenodrendon* am Grunde des Pistills drei kleine Schüppchen nachgewiesen, die (wie nach meiner Auffassung die lodiculae der Gräser) als Perigonblätter aufgefaßt werden könnten.

Jedenfalls ist das Vorkommen von baumartigen tropischen Cyperaceen im Oligozän, ja selbst in der oberen Kreide Südfrankreichs von hohem Interesse und dies umsomehr, als hier der seltene Fall gegeben ist, daß man den anatomischen Bau einer fossilen Pflanze seit längerer Zeit (1862) kennt als die entsprechenden rezenten Analoga (1911) — woraus eben bisher jene Unsicherheit der systematischen Stellung von *Rhizocaulon* zu erklären ist.

Literatur.

ENGLER (1), *Schoenodendron* in ENGLERs Bot. Jahrb. XLIV (1910), Beiblatt nro. 101.

ENGLER (2) und KRAUSE, Über den anatomischen Bau der baumartigen Cyperacee *Schoenodendron Buec'eri* Engl. aus Kamerun, Abh. K. Preuß. Akad. 1911.

NEES, Cyperaceae in Flora brasiliensis II, 1, 1842, S. 162.

SAPORTA (1), Études sur la végétation du sud-est de la France à l'époque tertiaire III, Ann. sc. nat. XVII, sér. 4, 1862, S. 193.

SAPORTA (2), Ebenso V, Ann. sc. nat. XIX, sér. 4, 1863, S. 37 (vgl. Taf. 4, Figur 2C).

SAPORTA (3), Ebenso, Suppl. I, Ann. sc. nat. XVII, sér. 5, 1873, S. 27.
SAPORTA (4), Étude monographique sur les *Rhizocaulon*, Rev. gén. Bot. VI, 1894.
SAPORTA (5), Die Pflanzenwelt vor dem Erscheinen des Menschen (übers. v. VOGT), Braunschweig 1881, S. 260 (vgl. Figur 70).
SCHENK, Paläophytologie, München 1890, S. 391.
SCHUMANN, Untersuchungen über die Rhizocauleen, Jahrb. K. Preuß. geol. Landesanst. f. 1901, Berlin 1893.
ZEILLER, Éléments de paléobotanique, Paris 1900, S. 289 (vgl. Figur 200).

3. Theodor Porodko: Vergleichende Untersuchungen über die Tropismen.

I. Mitteilung.

Das Wesen der chemotropen Erregung bei den Pflanzenwurzeln.

(Eingegangen am 17. Januar 1912.)

Einleitung.

In meiner letzten[1]) Abhandlung über den Chemotropismus der Pflanzenwurzeln ist das komplizierte Verhalten der *Lupinus*-wurzeln im Diffusionsstrome geschildert worden. Um diese Kompliziertheit zu erklären, habe ich angenommen, sie sei lediglich die Folge der gleichzeitigen Stromeinwirkung auf die ganze Wurzel. In der Tat verhalten sich zwei hier in Betracht kommende Wurzelteile in bezug auf Stromwirkung diametral verschieden. Denn die Wurzelspitze bestrebt sich, eine negative Krümmung zu veranlassen, die Wachstumsregion dagegen eine positive. Notwendigerweise suchen die beiden Bestrebungen sich in der Wachstumszone zu realisieren. Und so muß es hier zu einem Kampf zwischen ihnen kommen. Verschiedene Formen der beobachteten Krümmungsreaktion wurden dann als Folgen dieses Kampfes abgeleitet. Als reine Form der tropistischen Reaktion wurde nur die negative Krümmung erkannt. Die betr. Krümmungsfähigkeit wurde somit in den Vordergrund des physiologischen Interesses gestellt. Eine nähere Einsicht in dieselbe ließ sich jedoch erst mit einer modifizierten Methodik erhoffen. Und zwar war es in erster Linie nötig, die in Rede stehende Krümmungsfähig-

1) Jahrb. f. wiss. Botan. 1911, Bd. 49, S. 360 u. ff.

keit ungetrübt hervortreten zu lassen, was durch eine streng lokalisierte Reizung der Wurzelspitze zu erreichen war.

Diese methodische Aufgabe läßt sich auf zweierlei Weise lösen. Entweder benutzt man die Methode der vom Diffusionsstrom durchsetzten Gallertenblöcke; dann hat man nur dafür zu sorgen, daß die Wurzelspitze nicht tiefer als 1 mm in den Block eindringe, oder man folgt dem Vorgange von CH. DARWIN[1]) und CHOLODNYI[2]) und bringt nur die eine Seite der Wurzelspitze in eine direkte Berührung mit dem zu untersuchenden Stoff. Die beiden Verfahren sind prinzipiell ähnlich, weil die Wurzelspitze in beiden Fällen durch eine ungleichmäßige Einwirkung der chemischen Energie gereizt wird. Die Unterschiede sind quantitativer Natur und beziehen sich vermutlich nur auf die relative Intensität und die Dauer der Reizung.

Das erste Verfahren ist technisch schwieriger, so daß meine betr. Versuche noch nicht abgeschlossen sind. Das zweite Verfahren ist dagegen überaus einfach. In der vorliegenden Arbeit benutzte ich ausschließlich dieses, und zwar folgendermaßen.

Methodik.

Meine Versuchsgefäße setzten sich aus je zwei Teilen zusammen: einem Glaszylinder und einem Blumentopf. Der erstere ist mit Wasser halb gefüllt und dient dem gut hineingepaßten Blumentopf als Stütze. Diesem säge ich vorher den Boden ab und spanne über die untere Öffnung eine grobzellige Gaze; hierauf lege ich eine ca. 1 cm hohe Schicht von feuchten Sägespänen, pflanze die aufgequollenen Samen und bedecke sie wiederum mit den Sägespänen. Die Versuchsgefäße bleiben dann in einem feuchten dunklen Raume stehen. Nach 1—2 Tagen wachsen die Wurzeln in das feuchte Zylinderinnere hinaus. Haben sie eine Länge von ca. 10—15 mm erreicht, so trage ich die betr. Versuchsgefäße auf einen zitterfreien Tisch hinüber. Hier wähle ich eine gerade gewachsene Wurzel aus und überzeuge mich erst mittels eines Horizontalmikroskopes, ob sie mit der normalen (ca. 1 mm pro Stunde bei 18 ° C) Geschwindigkeit und ohne merkliche Nutation wächst. Ist dies der Fall, so beginne ich mit der Anstellung des eigentlichen Versuches.

Zunächst trage ich auf die eine Seite der Wurzelspitze den zu untersuchenden Stoff auf. Dazu benutze ich Lösungen, welche entweder in $1^1/_4$ proz. Agar-agar oder in Wasser bereitet wurden.

1) „Das Bewegungsvermögen der Pflanzen", Stuttgart 1881, S. 112 u. ff.
2) TH. PORODKO, a. a. O. S. 321.

Im Falle der „festen" Lösungen nehme ich mittels einer ca. $^1/_2$ mm dicken Kapillarröhre einen Agarfaden, blase ihn auf eine Glasplatte heraus und zerschneide ihn in ca. 1 mm lange Stückchen. Im Falle der wäßrigen Lösungen befeuchte ich hiermit die ca. $^3/_4$ bis 1 qmm großen Vierecke von reinem schwedischem Filtrierpapier und entferne vor dem Auftragen auf die Wurzel den Überschuß der Flüssigkeit. Das Aufsetzen der Agar- und Papierstückchen geschieht mittels eines dünnen Pinsels, und zwar sehr vorsichtig, damit die berührte Flanke der Wurzelspitze nicht geschädigt, die übrigen Flanken dagegen nicht berührt werden. Sind die Stückchen richtig aufgesetzt, so berühren sie höchstens das letzte Millimeter der Wurzel.

Nunmehr stelle ich das Mikroskop auf die Spitze der Wurzel ein. Für die Ablesungen bediene ich mich schwacher Vergrößerungen, so daß $7^1/_2$ Teilstriche des Okularmikrometers einem Millimeter entsprechen. Das Okular wird vorher um 90 ° gedreht, so daß die Skalastriche vertikal orientiert sind. Den mittleren, also den 50., Teilstrich bezeichne ich weiterhin als 0; auf ihn stelle ich immer am Beginn des Versuches die Mittellinie des Kegels der ebenfalls lotrecht orientierten Wurzel ein. Dann folgen Beobachtungen, und zwar in Zwischenräumen, die meistens 10 bis 15 Minuten betragen und nur in den Versuchen mit den schon bekannten Stoffen bis zu 20—30 Minuten verlängert sind. Die Beobachtungen dauern den ganzen Tag, im Durchschnitt also 7—8 Stunden. Die letzte Beobachtung erfolgt 20 bis 24 Stunden nach dem Beginn des Versuches. Bei jeder Ablesung konstatiere ich, ob und nach welcher Richtung die Wurzel wächst. Die in den Tabellen angeführten Ziffern bedeuten, um wie viel Skalastriche die Wurzel von der Vertikale (also von dem 50. Strich) abgewichen ist, wobei die vorangehenden + - und — Zeichen die Richtung dieser Abweichung in bezug auf das den Reiz auslösende Stückchen zeigen. Die Abweichung der Wurzelspitze von der Vertikalen geht in allen typischen Fällen in eine Krümmung über. Der Ablenkungswinkel wurde nur annähernd geschätzt, und zwar mit der Genauigkeit bis zu 5 ° etwa. Es sei hervorgehoben, daß in der ganz überwiegenden Mehrzahl der Fälle die Krümmung streng in der Ebene des Gesichtsfeldes des Mikroskopes, also in der Fläche der Reizverbreitung verläuft. Die chemischen nicht zu weit von dem Optimum liegenden Reize sind augenscheinlich stark genug, um sowohl den Geotropismus zu überwinden als auch das eventuelle Nutationsbestreben zu unterdrücken.

Die Temperatur während der Versuche wurde konstant gehalten,

und zwar betrug sie in der einen Reihe der Versuche 30 ° C, in der anderen 18 ° C. Irgendwelche bedeutende Unterschiede in dem Gang der Krümmungsreaktion sind aber dadurch nicht entstanden.

Als Versuchspflanzen benutzte ich Keimlinge von *Lupinus albus* und *Helianthus annuus*. Das Verhalten der beiden Pflanzenarten erwies sich in qualitativer Hinsicht als identisch. Die quantitativen Unterschiede bestehen lediglich darin, daß die Wurzeln von *Helianthus* viel empfindlicher als diejenigen von *Lupinus* sind. In den Versuchen mit der ersteren Pflanze wurden daher entsprechend niedrigere Konzentrationen angewandt.

Es wurden 55 Verbindungen untersucht, und zwar aus verschiedenen chemischen Gruppen. Jede Verbindung wurde in der Regel in mehreren Konzentrationen geprüft. Meistens enthielten meine Lösungen 0,01 bis 0,1 Grammäquivalent Substanz pro Liter. Oft aber sanken die Konzentrationen bis 0,001 herab oder stiegen bis zu mehreren Grammäquivalenten hinauf.

Aus dem in diesem Abschnitt Gesagten geht also klar hervor, daß nur in bezug auf die Art der Reizung meine Methodik mit derjenigen von CH. DARWIN und CHOLODNYI übereinstimmt. Sonst schließt sie sich der mikroskopisch-singulären Beobachtungsmethode von W. POLOWZOW[1]) an.

Die Bedingungen der chemotropen Reaktion.

Damit die chemotrope Krümmung eintrete, sind gewisse Bedingungen in bezug sowohl auf die Wurzel als auch auf die Reizung zu erfüllen.

Die Wurzel muß nicht zu langsam wachsen. Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen der Schnelligkeit des Wachstums und der des Krummwerdens. Ältere sehr langsam wachsende Wurzeln krümmen sich in absehbarer Zeit überhaupt nicht. Man hat mithin in erster Linie die Bedingungen eines guten Wachstums zu schaffen, um ausgesprochene und schnell eintretende chemotrope Krümmungen zu erzielen.

Was nun die Bedingungen des Reizes selbst anbelangt, so ist hier vor allem die Stoffnatur maßgebend. Darüber soll weiter besonders die Rede sein. Hat man nun schon einen guten Reizstoff in Händen, so ist dann dafür zu sorgen, daß er einwirke 1. streng einseitig nur auf einen $^1/_2$—1 mm langen Endteil der Wurzelspitze und 2. mit einer bestimmten Stärke.

1) „Untersuchungen über Reizerscheinungen bei den Pflanzen." Jena 1909, S. 34 u. ff.

Die Stärke des chemischen Reizes setzt sich aus drei Variablen zusammen: der Konzentration, der Stoffmenge und der Einwirkungsdauer. Der Zusammenhang zwischen diesen Variablen kann vorläufig noch nicht genau formuliert werden. So viel ist aber sicher, daß durch Steigerung jeder dieser Variablen der Reiz gleichfalls verstärkt wird, und umgekehrt. In meinen Versuchen variierte ich meistens die Konzentration, zuweilen aber auch die Stoffmenge und die Einwirkungsdauer. Über die Konzentrationsvariationen ist das Nötige schon oben gesagt. Die Stoffmenge regulierte ich einerseits durch die Verminderung der Papierstücke, andererseits durch deren mehrmaliges Wechseln. Die Einwirkungsdauer konnte ich beliebig abkürzen, indem ich das aufgesetzte Papierstückchen nach der erwünschten Berührungszeit entfernte. Meine diesbezüglichen Versuche haben mich nun zu dem Schluß geführt, daß für eine chemotrope Krümmungsreaktion eine einseitige Zuführung einer bestimmten Menge der chemischen Energie zu der Wurzelspitze notwendig ist. Je näher diese Menge dem Reizoptimum liegt, desto besser verläuft die Krümmungsreaktion, was in der Verkürzung der Reaktions- (bzw. Präsentations-) Zeit, in der Beschleunigung des Krummwerdens und in der Vergrößerung des Krümmungswinkels zum Ausdruck kommt. Demgegenüber erfahren alle drei genannten Elemente der Krümmungsreaktion sowohl bei der Verminderung als bei der Vergrößerung der Menge der chemischen Energie eine entsprechende Abschwächung. Diese Abschwächung ist ganz verständlich im Falle der Verminderung der Energiemenge, besonders wenn man den immer entgegenwirkenden Geotropismus berücksichtigt. Wie ist aber solche Abschwächung im Falle der Vergrößerung der Energiemenge zu erklären? Nicht immer auf gleiche Weise. Mit einigen Stoffen wird die chemotrope Erregungsreaktion durch die Vergrößerung der chemischen Energie abgeschwächt oder sogar sistiert. Davon wird fernerhin noch die Rede sein. In anderen Fällen kann der Überschuß des Stoffes die Lokalisierung der Reizung stören, und zwar entweder dadurch, daß der Stoff quer durch die Wurzelspitze diffundiert und so den relativen Unterschied an den opponierten Flanken der Spitze vermindert oder vernichtet, oder dadurch, daß der Stoff sich nach oben bis zur Wachstumsregion verbreitet und hier eine positive Krümmungstendenz hervorruft. Meines Erachtens kommt die letzte Möglichkeit besonders oft in Betracht. Deswegen sehen wir nicht selten, wie dies aus dem folgenden Abschnitt hervorgeht, daß die Krümmungsreaktion nicht nur eine schon betonte Verminderung ihrer

Elemente erfährt, sondern auch ein anscheinend qualitativ neues Gepräge erhält.

Der Verlauf der chemotropen Krümmungsreaktion.

a) In einigen Versuchen wachsen die Wurzeln gerade fort oder weichen von der Vertikalen höchstens um wenige Teilstriche des Mikrometers ab, und zwar entweder in positiver oder negativer Richtung. Ein solches Verhalten der Wurzeln beobachtet man entweder bei fast allen möglichen Konzentrationen der reizunfähigen Stoffe oder bei Anwendung solcher Stoffe, welche zwar reizfähig sind, aber in unwirksamen Konzentrationen angewendet wurden.

b) In anderen Versuchen wachsen die Wurzeln schief abwärts sowohl in positiver als auch in negativer Richtung, ohne doch die betr. Krümmungen auszuführen. Dies ist bei zu schwachen Reizen der Fall. Offenbar kann hier eine für das Zustandekommen der wahren Krümmung nötige Wachstumsdifferenz an den opponierten Wurzelflanken nicht geschaffen werden. Daß meine Erklärung richtig ist, beweisen diejenigen Versuche, wo das in Rede stehende schiefe Wachstum leicht in eine wirkliche Krümmung umgewandelt werden konnte. Dazu genügte, die angewandte Reizung zu wiederholen, und zwar durch das Ersetzen des aufsitzenden Papierstückchens durch einen anderen frisch befeuchteten. Das gleiche Resultat kann auch durch die Anwendung einer stärkeren Konzentration des nämlichen Stoffes erzielt werden.

c) In den meisten Versuchen begegnen wir den negativen Krümmungsreaktionen entweder in reinem Zustande oder in der Kombination mit der positiven Krümmung. So z. B. beginnt die Wurzel sich negativ zu krümmen, erreicht einen gewissen maximalen Ablenkungswinkel und verbleibt dann bald in derselben Lage, führt bald eine geotropische Abkrümmung aus, gleicht bald den entstandenen Winkel mehr oder minder aus. Zuweilen macht sich hier aber auch eine Tendenz zur positiven Krümmung geltend. Ist die entstandene negative Krümmung bereits durch Wachstum fixiert, so beginnt sich nun die jüngste Wachstumszone positiv zu biegen und bildet also eine S-förmige Krümmung. Widrigenfalls aber kann die entstandene negative Krümmung erst ausgeglichen werden, und nur dann krümmt sich die Wurzel positiv.

Schließlich muß noch darauf aufmerksam gemacht werden, daß bei Beginn der Krümmungsreaktion fast immer eine schwache, positiv gerichtete, Ablenkung (nicht Krümmung!) stattfindet. Dies

ist selbst in den Versuchen der Fall, wo man die besten Reizstoffe anwendet und späterhin auch eine ausgezeichnete negative Krümmung beobachtet.

Die unter c) beschriebenen Fälle kommen in den Versuchen mit den passenden Konzentrationen der Reizstoffe vor.

d) Endlich krümmt sich die Wurzel entweder von Anfang an positiv, oder erst nach einer kurzdauernden Abweichung in negativer Richtung.

Dies beobachtet man bei Anwendung sehr hoher Konzentrationen oder sehr giftiger Stoffe.

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Reaktionsmodalitäten möchte ich folgendermaßen erklären.

Die Spitze der Wurzel geht ganz allmählich in deren Wachstumszone über. Die Nachbarschaft ist dabei so eng, daß das genau auf die Spitze aufgesetzte Papier- oder Agarstückchen zuweilen[1]) durch wachsende Wurzelteile nach oben geschoben wird. Unter diesen Verhältnissen ist es begreiflich, daß eine streng lokalisierte Reizung der Wurzelspitze faktisch eine Fiktion ist. Denn der angewandte Stoff diffundiert ja sehr schnell zu der Wachstumszone und kann hier die bekannte positive Krümmungstendenz hervorrufen[2]).

Auf diese Weise kommt es auch hier, also bei der verbesserten Methode, oft zu einem Kampf zwischen den entgegenwirkenden Krümmungstendenzen der Wurzelspitze und deren Wachstumszone. Von der relativen Stärke dieser Tendenzen hängt offenbar auch der Krümmungsgang ab. Es kann daher nicht wundernehmen, wenn bei stärkeren Konzentrationen selbst guter Chemotropika nur zu leicht die positive Tendenz zur Geltung kommt. Auf jeden Fall ist es sicher, daß die chemotrope Krümmungsreaktion in ihrem reinen Zustande immer negativ gerichtet ist.

Die Krümmungswinkel schwanken zwischen 0° und 360°, meistens aber betragen sie 30—60°. Was nun die Form der

---

1) Dies beobachtet man teils mit denjenigen Stückchen, welche etwas größer sind oder nicht genau das letzte $^1/_4$ Millimeter der Spitze einnehmen teils aber ohne diese Gründe. Damals dürfte das Wachstum der affizierten Zellen erweckt oder beschleunigt sein.

2) In anderen Versuchen wurde der Reizstoff auf die Wachstumszone, und zwar in einer Entfernung von 2—3 mm von der Spitze aufgetragen. Die Folge war, daß die Wurzel sich erst positiv krümmte, um sich aber nach einer raschen Ausgleichung negativ zu krümmen. Diese Tatsache erkläre ich auch durch die Diffusion des Stoffes von der Wachstumszone bis zur gleichnamigen Seite des Wurzelkegels.

Krümmung anlangt, so kann ich hier alles das wiederholen, was ich früher[1]) darüber mitgeteilt habe. Da ich aber jetzt imstande war, die Wachstumsschnelligkeit und die Form der entstehenden Krümmung gleichzeitig zu beobachten, so konnte ich den früher nur vermuteten Zusammenhang direkt bestätigen.

Was nun die zu Beginn des Versuches vorkommenden schwachen positiven Abweichungen der Wurzelspitze anbetrifft, so glaube ich, daß es sich hier bloß um die vorübergehenden Schwankungen des Turgors handeln dürfte.

Die Abhängigkeit der chemotropen Krümmungsreaktion von der Natur des Stoffes.

Es mögen zunächst die Stoffe angeführt werden, welche von mir untersucht wurden. Die geprüften Konzentrationen, in Molen oder Grammäquivalenten ausgedrückt, folgen überall in Parenthesen. Diejenigen Stoffe und Konzentrationen, welche ausgesprochene negative Krümmungen hervorgerufen haben, sind fett gedruckt.

Versuche mit den Wurzeln von *Lupinus albus*: **HCl (0,1**; 0.02), **Essigsäure (1,0**; **0,1**), **Chromsäure (0,5**; **0,1**), **Oxalsäure** (2,0; 0,5; **0,1**; 0,01); **Phosphormolybdänsäure (n/10, n/100), Phosphorwolframsäure (n/10, n/100), Tannin (n/1, n/10)**; KOH (1,0; 0,1); Na_2SO_4 (**4,0**; 2,0; 1,0; 0,1); KCl (1,0; 0,1); KCN (2,0; 0,2; 0,1); CsCl (0,5; 0,025); $CaCl_2$ (2,0; 1,0; 0,1); **$MgSO_4$ (10,0**; 5.0; 2.5; 1,0; 0,1; 0.05); $BaCl_2$ (1,0; 0,01);

$Cr_2(SO_4)_3$ (**2,0**; **0,1**; **0,01**); $Al_2(SO_4)_3$ (1,0; **0,1**; **0,02**; **0,01**; **0,001**; 0,0001); **$BeSO_4$ (2,0**; **0,1**; **0,01**); Ce_2Br_6 (**2,0**; **0,2**; **0,02**; **0,01**; **0,002**);

$HgCl_2$ (0,2; **0,01**; **0,002**; **0,001**); $AgNO_3$ (2,0; **0,01**; **0,003**; **0,0003**); $Pb(NO_3)_2$ (2,0; **0,1**; **0,01**; **0,002**; 0,0002); Fe_2Cl_6 (1,0; **0,1**; 0,05; 0,01; 0,001); $CuCl_2$ (0,02; **0,001**; **0,0002**); $NiCl_2$ (0,1; 0.01); $MnCl_2$ (**2,0**; 0,01; 0,002); $CdCl_2$ (**0,1**; 0,01; 0.001); **$ZnSO_4$ (2,0**; **1,0**; 0,01; 0,001); Tl_2SO_4 (**0,05**; 0,01; 0,001); **Uranylazetat (0,1**; **0,05**; **0,02**; **0,01**; **0,001**); **Uranylnitrat** (2,0; **0,2**; **0,02**; 0,002);

Krystallviolett (n/20; n/200); **Auramin** (n/10; n/20; n/200); **Fuchsin (0,00833 n**; 0,00417; 0,000417); Fuchsin S (n/10; n/20); Violettschwarz (n/80; n/200);

Aethylalkohol, Amylalkohol, Phenol (5/6 n; n/10); **Resorzin (4 n**; **n/1**), **Anilin**; **Orthotoluidin**; **Xylidin**; **Formamid**; **Pyridin (100 pCt., 50 pCt.**; 30 pCt.); **Piperidin (100 pCt.**; 30 pCt.); **salzsaur. Morphium (n/10)**; **Nikotin (0,5 n**; **0,25 n)**.

---

1) Porodko, a. a. O. S. 359—380.

Versuche[1]) mit den Wurzeln von *Helianthus annuus*; **Bromwasser (50 pCt.; 5 pCt.)**: KOH (1,0; 0,05; 0,01; 0,001); NH_3 (1,0; 0,1) **HCl (0,05**; 0,01; 0,001); **Chromsäure (n/10)**; **Phosphormolybdänsäure (n/100; n/1000)**; **Phosphorwolframsäure (n/10**: n/100; n/1000); **Tannin (n/10)**; Na_2SO_4 (1,0; 0,1; 0,01); KCN (0,1; 0,01); KF (0,1; 0,01; 0,001); K_2CrO_4 (0,2; 0.01); CsCl (0,5; 0,25; 0,025); $CaCl_2$ (1,0; 0,1); $MgSO_4$ (**5,0**; 1,0; 0,01); $BaCl_2$ (**1,0**; 0,1; 0,01; 0,001);

$Cr_2(SO_4)_3$ (1,0; 0,1; **0,01**; **0,001**); $Al_2(SO_4)_3$ (**0,1**; **0.01**; 0.001); $BeSO_4$ (**1.0**; **0.1**; **0,01**); Ce_2Br_6 (1,0; 0,1; **0,01**; **0,002**);

$HgCl_2$ (0,02; **0,01**; **0,002**; 0,0005); $AgNO_3$ (2,0; 0,1; **0,05**; **0,01**; **0,001**; 0,0001); $Pb(NO_3)_2$ (2,0; 0,1; **0,01**; **0,002**; **0,0005**; 0,0002); Fe_2Cl_6 (**0,1**; **0,05**; 0,01; 0,001); $CuCl_2$ (1,0; **0,1**; **0,01**; **0,001**; 0.0002); $NiCl_2$ (1,0; 0,1; 0,01; 0,001); $CoCl_2$ (2,0; 0,01); $MnCl_2$ (2,0; 0,1; 0,01; 0,002); $CdCl_2$ (0,1; **0,01**; 0,001); $ZnSO_4$ (0,01; 0,001); $AsBr_3$ (0,1; 0,01); **Uranylazetat (0,05**; **0,02**; **0,01**; 0,001);

Krystallviolett (0,05 n; **0,005 n)**: **Auramin (0,05 n**; 0,005 n); **Fuchsin (0,00833 n**; **0,00417 n)**, Fuchsin S (0,05 n); Violettschwarz (0,0125 n); **Phenol** (5/6 n; **n/10)**; **Formamid (10 pCt.)**; **Pyridin 100 pCt.**, 50 pCt.); **Piperidin** (10 pCt.; **2 pCt.**); **salzsaur. Morphium (n/10**; n/50); **salpetersaur. Strychnin (0,01 n**; 0,001 n); **Nikotin (0,25 n**; 0,05 n).

Aus dem angeführten kurzen[2]) Überblick der untersuchten Stoffe ist ersichtlich, daß nur ein Teil derselben reizfähig ist. Versuchen wir nunmehr diejenige Eigenschaft der Stoffe klarzulegen, welche eine chemotrope Reizung der Pflanzenwurzeln bewirken kann. Berücksichtigen wir unsere sich als Reizstoffe erwiesenen Verbindungen, so springt alsbald in die Augen eine weitgehende Analogie zwischen deren chemotropem und eiweißkoagulierendem[3]) Vermögen. Einerseits gehören alle die Stoffe, welche schnell verlaufende und starke Krümmung hervorrufen, in die Gruppe der energischsten Koagulatoren der Ei-

---

1) In Anbetracht der schon betonten Empfindlichkeit der *Helianthus*-wurzeln wurde die Einwirkungsdauer der stärkeren Konzentrationen meistens bedeutend verkürzt.

2) Aus Räumlichkeitsgründen können die ausführlichen Protokolle selbst der ausgewählten Versuche nicht angeführt werden.

3) Ich verstehe hier die Koagulation in weiterem Sinne des Wortes, also fasse hierin sowohl die eigentliche Fällung als auch das Aussalzen zusammen.

Näheres über die Eiweißkoagulation siehe bei O. COHNHEIM „Chemie der Eiweißkörper", III. Aufl. 1911, Braunschweig, T. B. ROBERTSON, „Physikalische Chemie der Proteine", 1912, Dresden, T. DE RUFZ DE LAVISON. Ann. de Sc. nat. (Botan.) 1911, Tome 14, p. 97.

weißsole, so z. B. Phosphorwolframsäure, Phosphormolybdänsäure, Schwermetallsalze, die Salze einiger dreiwertigen Metalle (Al, Cr, Ce). Hier gelang es überall schon durch die Anwendung schwacher Konzentrationen gute Krümmungen hervorzurufen. Andererseits rufen diejenigen Stoffe, welche nur schwache Eiweißkoagulation bewirken, auch relativ schwächere Krümmungen hervor, so z. B. Alkohole, Farbbasen, organische Basen. Hier mußte ich immer stärkere, zuweilen sehr hohe Konzentrationen anwenden, um ausgesprochene Krümmungen zu erzielen.

Die in Rede stehende Analogie läßt sich aber auch in Einzelheiten nachweisen.

a) Die höheren Konzentrationen fast aller Stoffe vermögen, wie schon bemerkt wurde, die negative Krümmungstendenz mehr oder weniger zu paralysieren. Ähnliches beobachtet man doch mit einigen Stoffen schon bei relativ niedrigen Konzentrationen. Dies ist z. B. mit den Salzen von Eisen, Kupfer oder Aluminium der Fall. Mit der Fe_2Cl_6-Lösung sah ich die Wurzeln von *Helianthus* sich nur dann krümmen, wenn das Papierstückchen nur wenige Minuten die Spitze berührte und dann entfernt wurde. Diese Eigentümlichkeit läßt sich leicht erklären. Es ist ja bekannt[1]), daß gerade die genannten Salze die Eiweißlösung nur in bestimmten Konzentrationen fällen. Bei dem Überschuß des Koagulators entsteht der Niederschlag überhaupt nicht oder löst sich alsbald wieder.

b) Während die Salze vieler Schwermetalle stark krümmend wirken, ergeben die mit $NiCl_2$, $CoCl_2$ und $MnCl_2$ angestellten Versuche immer negative Resultate. Dies ist indessen insoweit begreiflich, als auch die Eiweißsole nicht durch alle Schwermetallsalze gefällt werden. Je nach dem Ursprung des Eiweißes sind diese inaktiven Schwermetalle verschieden. Bemerkenswert ist es z. B., daß auch die Lösungen von Hühnereiweiß gerade durch die genannten Salze nicht gefällt werden konnten.

c) Überblickt man die geprüften Elektrolyte, so tritt überall die Rolle der Kationen ausschließlich oder doch vorwiegend in den Vordergrund. So wirken z. B. nur die basischen Farbstoffe (Krystallviolett, Auramin, Fuchsin) krümmend, sulfosaure Farbstoffe (Violettschwarz, Fuchsin S) bleiben dagegen inaktiv. Offenbar handelt es sich hier nur um positiv geladene Farbradikale. Ferner erweisen sich die sämtlichen geprüften Säuren als aktiv, augenscheinlich dank dem H-Ion. Schließlich hängt auch die

1) Cohnheim, a. a. O. S. 8, 133. de Lavison, a. a. O. S. 103.

krümmende Wirkung der Salze von der Natur des Kation ab. Nur auf diese Weise ist zu begreifen, daß alle geprüften Salze von Alkalien und Erdalkalien inaktiv sind, wogegen die Salze der Erden oder Schwermetalle krümmend wirken unabhängig davon, mit welchem Säureradikal sie verbunden sind.

Die Hauptrolle der Kationen erklärt sich überaus einfach. Es ist bekannt[1]), daß eine durch dauernde Dialyse elektrisch neutral gewordene Eiweißlösung durch die Zusetzung von einer Spur Säure oder Alkali elektropositiv resp. negativ gemacht werden kann. Ganz abhängig davon, welche Ladung die Eiweißlösung erhalten hat, wird sie durch Anionen oder Kationen koaguliert. Das Protoplasma besitzt eine schwach alkalische Reaktion, ist also negativ geladen. Deswegen muß auch das das Plasma vorwiegend zusammensetzende Eiweiß gerade durch Kationen gefällt werden. Und das ist wirklich der Fall.

d) Die Gerinnung der Eiweißsole wird bekanntlich durch die Salze der Alkalien und Erdalkalien ausgeführt. Dies geschieht aber bei den sehr hohen Konzentrationen, zuweilen erst bei der Sättigung der Eiweißlösung durch betr. Salze. Es kann deswegen auch nicht wundernehmen, wenn meine mit diesen Salzen angestellten Versuche meistens keine bestimmten Krümmungsreaktionen ergeben haben. Es wurden ja Konzentrationen von 0,01—0,1 Grammäquivalent angewandt, bei denen natürlich noch keine Koagulation des Eiweißes stattfinden konnte. Wurden nun die stärkeren, der Sättigung naheliegenden Konzentrationen angewandt, so traten auch Krümmungen ein. Bemerkenswert ist, daß es mit $ZnSO_4$ leichter als mit $MgSO_4$ geschweige denn mit Na_2SO_4 gelang. Das entspricht vollkommen der Reihenfolge dieser Salze in bezug auf ihre gerinnenden Eigenschaften[2]).

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß die Analogie zwischen der chemotropen Reizung der Wurzelspitze und der Koagulation der Eiweißlösung als gut begründet angesehen werden darf. Auf Grund dieser Analogie kann man die bisher nur theoretisch angenommene chemotrope Erregung mit einem realen Inhalt versehen. Namentlich dürfte die nächste durch das Chemotropikum bewirkte Veränderung in den affizierten Zellen der Wurzelspitze als eine Koagulation des plasmatischen Eiweißes aufzufassen sein.

---

1) Vgl. de Lavison, a. a. O. S. 103; Robertson, a. a. O. S. 90 u. ff.
2) Vgl. Cohnheim, a. a. O. S. 165.

Von diesem Standpunkt aus wäre es von großem Interesse, die gereizte Wurzelspitze mikroskopisch zu untersuchen, um sich zu überzeugen, ob und wo die Eiweißniederschläge zu finden sein dürften. Die betr. Versuche habe ich schon in Aussicht gestellt. Sollten sie aber negative Resultate liefern, so würde dies kaum gegen unsere Vorstellung sprechen. Es wäre immer möglich, daß die chemotrope Erregung selten auf der eigentlichen makroskopischen Koagulation des plasmatischen Eiweißes beruhe. Chemische Einwirkungen können bekanntlich[1]) auch innere, also höchstens ultramikroskopisch feststellbare, Zustandsänderungen der Eiweißsole hervorrufen. Ganz analog dürften sich auch die Eiweiße der chemotrop gereizten Wurzelspitzen verhalten.

Odessa, Botanisches Laboratorium der Universität,
den 15. Januar 1912.

---

4. R. Boshart: Über die Frage der Anisophyllie.

(Eingegangen am 18. Januar 1912.)

Die Untersuchungen, die ich über dieses Thema unter dem Titel „Beiträge zur Kenntnis der Blattasymmetrie und Exotrophie" im Juli 1911 veröffentlichte (Flora 1911, Bd. 103, S. 91—124), sind vor kurzem in dieser Zeitschrift angegriffen worden (W. FIGDOR, Das Anisophyllie-Phaenomen bei Vertretern des Genus *Strobilanthes* Blume. Ber. d. bot. Ges. 1911, Bd. 29, S. 549—558), so daß ich mich genötigt sehe, sie hier noch einmal zusammenfassend zu besprechen, um so den Angriffen FIGDORs entgegnen zu können.

Die erste Übereinstimmung, die wir bei allen Formen mit Blattasymmetrie oder Anisophyllie finden, besteht darin, daß beide Erscheinungen stets nur an dorsiventralen Sprossen auftreten (ausgenommen die asymmetrischen Blätter der Blüten). Die Seitenzweige der Ulme und Linde z. B. sind anatomisch dorsiventral und tragen zwei Zeilen asymmetrischer Blätter; im jüngsten Teile ist die Sproßachse deutlich stärker entwickelt auf der Unterseite,

1) WO. OSTWALD „Grundriß der Kolloidchemie", I. Aufl. 1909, Dresden, S. 332 u. ff.

und hier stehen auch die größeren Hälften der fast quer inserierten Blätter; dieselbe Beziehung besteht bei der Buche, nur daß hier die Oberseite gefördert ist. Die Keimpflanzen sind überall radiär mit symmetrischen Blättern; kräftig wachsende Seitensprosse bilden an der Spitze zwar gleichfalls symmetrische Blätter aus, doch ist es bis jetzt nicht gelungen, auch die Blattstellung zu verändern. Äußere Kräfte, wie Licht und Schwerkraft, scheinen ohne Einfluß zu sein, da dieser Übergang bei jeder Lage und Beleuchtung vor sich geht. An einer Ulme drehte ich mehrere Zweige um einen Winkel von 180° im Juni 1909 und hielt sie in dieser Lage fest bis zum Sommer 1910. Die Achselknospen hatten nun neue Sprosse austreiben lassen, deren Blätter, wie zu erwarten, die normale Form besaßen; aber auch die von diesen Sprossen angelegten Achselknospen waren schon deutlich exotroph, obwohl weder sie selbst noch auch ihre Muttersprosse jemals die normale Lage eingenommen hatten (Flora S. 106 u. 109).

Ganz ähnlich nun verhalten sich Pflanzen mit dekussierter Blattstellung wie Ahorn, Roßkastanie. Auch hier sind die Keimpflanzen radiär mit gleich großen symmetrischen Blättern; erst an den dorsiventralen Seitenzweigen tritt die bekannte Anisophyllie auf: Seitensprosse 1. Ordnung tragen auf der dem Mutterspross abgekehrten (Außen-) Seite eine Reihe großer, auf der dem Mutterspross zugekehrten (Innen-) Seite eine Reihe kleiner Blätter, während die seitlichen Blattpaare in ihrer Größe die Mitte halten, aber asymmetrisch sind, wobei die größeren Blatthälften nach außen zu liegen. Dieselbe Form der Exotrophie wiederholen die Sprosse 2. Ordnung, welche auf Ober- und Unterseite dieser Sprosse 1. Ordnung entspringen, wobei die geförderten Außenseiten dann zum Horizont umgekehrt orientiert sind, da bei den auf der Oberseite entspringenden Sprossen die stärkere Seite oben liegt. Die auf den Flanken entstehenden Seitensprosse 2. Ordnung sind nun in beiden Blattpaarzeilen anisophyll, indem hier offenbar noch die Exotrophie ihres relativen Muttersprosses nachwirkt in dem Sinne, daß auf dessen +Seite auch die +Seite des Seitensprosses liegt und die Anisophyllie der transversal stehenden Blattpaare bedingt, während bei den medianen Paaren einfache Exotrophie genügt. Viel stärker tritt diese Erscheinung bei mehreren tropischen Pflanzen auf, z. B. bei Arten der Gattung *Goldfussia (Strobilanthes)* wie *G. anisophylla* und *glomerata*, wo sich neben wenigen isophyllen Trieben fast stets nur Sprosse mit durchweg anisophyllen Blattpaaren finden. Überall drückt sich die Dorsiventralität auch in der Sproßanatomie und Verzweigung aus.

Es war nun interessant, den Mechanismus zu untersuchen, der diese Blattformen herbeiführt; dabei gelang es dadurch, daß Blattstiel oder Sproßachse beliebig eingeschnitten wurden, die Blattform zu verändern, indem das bereits angelegte Blatt infolge der Durchschneidung der darunterliegenden Leitbündel an den betreffenden Stellen in seiner Entwicklung dauernd gehemmt wurde. Ebenso aber läßt sich ein symmetrisch angelegtes Blatt auch asymmetrisch machen durch nachträgliche Vergrößerung der einen Blatthälfte, wenn man nämlich dieser eine größere Anzahl von Leitbündeln der Sproßachse zuteilt, was durch geeignete Eingriffe möglich ist, und sie so besser ernährt (genauer beschrieben sind diese Versuche S. 97). Jedenfalls geht aus diesen Untersuchungen die starke Abhängigkeit der Blattform von der Verteilung und Tätigkeit der Leitbündel hervor, die in sie eintreten. Die Entwicklungsgeschichte dagegen zeigt, daß bereits die ersten Anlagen der Blätter asymmetrisch bzw. anisophyll sind, schon bevor die Sproßachse ausgebildet wird — ich schloß daraus, daß die ungleichseitige Sproßanatomie zwar notwendig sei zur Erhaltung der Asymmetrie bzw. Anisophyllie, daß diese aber unabhängig von ihr angelegt werde und somit beide Erscheinungen nur eine Äußerung der Gesamtdorsiventralität des Sprosses oder genauer ausgedrückt, Produkte des dorsiventralen Vegetationspunktes seien.

Wodurch wird nun dessen Dorsiventralität bedingt? Meine Versuche wurden hauptsächlich ausgeführt an *Goldfussia (Strobilanthes) glomerata* Nees, einer schon vielfach diskutierten und in Versuch genommenen Pflanze. Wenn man deren dorsiventrale Sprosse kräftig ernährt — was ich dadurch zu erreichen suchte, daß ich jede Verzweigung durch sorgfältiges Entfernen aller Seitenknospen verhinderte —, so erhält man mit großer Regelmäßigkeit aus sehr stark dorsiventralen Sprossen ganz radiäre mit gleich großen symmetrischen Blättern. Die Spreitenlängen von aufeinanderfolgenden Blattpaaren desselben Sprosses betragen normal z. B.:

1. 3,0 : 9 cm
2. 5,0 : 10,0 cm
3. 4,0 : 12,0 cm
4. 3,5 : 9,0 cm

In meinen Versuchen erhielt ich Werte wie:

I. 1. 3,6 : 7,5 cm
2. 7,0 : 9,5 cm
3. 9,5 : 9,7 cm
4. 7,4 : 7,4 cm
5. 4,6 : 4,4 cm

II. 1. 6,0 : 6,0 cm
2. 10,6 : 10,6 cm
3. 4,0 : 4,0 cm (verkümmert)
4. 9,0 : 9,0 cm

Während in den Blättern der Übergang infolge der ungleichseitigen Ausbildung der Leitungsgewebe im unteren Sproßteile nur allmählich vor sich geht, findet er in der Sproßanatomie ganz unvermittelt statt. Es geht daraus hervor, daß im Gegensatz zum Blatte der Vegetationspunkt ganz unabhängig ist von der symmetrischen oder asymmetrischen Verteilung der Stoffzufuhr, auf ihn wirken offenbar andere Reize ein, welche seine radiäre oder dorsiventrale Natur bedingen. Für eine Abhängigkeit der radiären Form von besserer Ernährung sprechen noch mehrere Tatsachen: das ganze Aussehen der radiären Sprosse mit langen Internodien, großen Blättern und schnellerem Wachstum, ferner der regelmäßige Übergang aus dorsiventraler in radiäre Form bei den Seitenzweigen von *Acer*, wenn sie mehrere Jahre hindurch kräftig fortwachsen, ebenso wie dann bei Ulme und Buche die Asymmetrie der Blätter ganz oder teilweise schwindet. Diese Fälle gleichen ganz denen, die in GOEBELs Experimenteller Morphologie (S. 70 – 100) eingehend behandelt sind, besonders den Verhältnissen bei *Euphorbia alcicornes*, *Opuntia brasiliensis*, *Corylus avellana* u. a.

Wodurch nun diese Schwächung der Seitensprosse bedingt wird, ist freilich unbekannt. Die Richtung der Dorsiventralität dagegen scheint vom Muttersproß bestimmt zu werden, wobei in den meisten Fällen die ihm abgekehrte, also spätere Unterseite gefördert wird. („Exotrophie“: *Ulmus*, *Tilia*, *Acer*, *Aesculus*, *Goldfussia* usw.; „Endotrophie“ bei *Fagus*). Die Schwerkraft übte in meinen Versuchen an *Ulmus* und *Goldfussia* keinerlei Wirkung aus. Der Übergang in die radiäre Form fand bei *Goldfussia* völlig unabhängig von der Lage oder Wachstumsrichtung statt. Mehrere andere negative Punkte sind zusammengestellt S. 106 und S. 107. Das Licht war gleichfalls, wenigstens bei den untersuchten Phanerogamen ohne Bedeutung; nur wurden gänzlich etiolierte Sprosse bei *Goldfussia glomerata* stärker dorsiventral, fast bis zur Verkümmerung der Oberseite. Da ich aber sonst nie eine Einwirkung des Lichtes fand, glaube ich dies so deuten zu müssen, daß hier nicht speziell der Lichtmangel, sondern die durch ihn bedingte Allgemeinschwächung das Resultat herbeigeführt hat. Es stünde dies dann im Einklang mit den anderen Ergebnissen (S. 108 und 114).

Bei Cryptogamen liegen die Verhältnisse anders. Doch handelt es sich hier nicht um Seiten- sondern um Hauptsprosse. So fand ich eine gewisse Abhängigkeit der Anisophyllie vom Lichte bei einem Laubmoos, *Cyathophorum bulbosum;* nach anderen Untersuchungen scheint dies ja auch für mehrere *Selaginella*- und

Lycopodium-Arten zuzutreffen. Dagegen übte die Schwerkraft auch auf *Cyathophorum* keine Wirkung aus.

Nun zu den Einwänden FIGDORs:

1. Er behauptet, ich hätte die Beschreibung der isophyllen Sprosse an *Goldfussia* unterlassen; abgesehen davon, daß ich solche selbst habe hervorrufen können, sind sie beschrieben S. 110, auch die von FIGDOR früher angegebenen sind zitiert S. 114.

2. FIGDOR glaubt, „man kann nur behaupten, daß die Sproßdorsiventralität u. a. durch die Anisophyllie nach außen gelangen kann“ (S. 557). Diese Ansicht findet sich fast wörtlich auch in meiner Arbeit S. 110, wo es heißt (wie ich dies auch hier wiederholt habe): „Anisophyllie und Blattasymmetrie sind demnach nur ein Spezialfall der Exotrophie. Wir haben an den *Coleus*-Versuchen gesehen, daß Verschiedenheiten in der Stoffzufuhr zur dauernden Ausbildung der Anisophyllie nötig sind und sie sogar hervorrufen können. Letzteres ist hier nicht der Fall, da sie schon vor der Ausbildung des Stammgewebes auftritt, dessen Asymmetrie nur die bereits angelegte Form erhält. Als Ursache müssen wir somit die dorsiventrale Natur des Vegetationspunktes bezeichnen, die sich in der Bildung eines ungleichseitigen Sprosses ausdrückt.“ Ein Mißverständnis scheint hier schwer möglich zu sein, und es ist dadurch auch angegeben, wie man den Ausdruck „Sproßdorsiventralität“ in der Zusammenfassung S. 122 zu verstehen habe. „Bei *Goldfussia* ist die Anisophyllie durch die Sproßdorsiventralität, die Asymmetrie der Blätter durch Korrelation zu erklären,“ um so mehr, als der unmittelbar vorhergehende Satz heißt: „An dorsiventralen Organen sind Asymmetrie und Anisophyllie gleichfalls nur ein Ausdruck der Gesamtsymmetrie.“ Wogegen FIGDOR hier kämpft, kann ich nicht einsehen, da er schreibt, dies sei auch seine Meinung. Wenn er dann weiter sagt, daß die Lage als primärer Faktor die Anisophyllie hervorgerufen habe und behauptet, „in unserem Falle (d. i. bei *Goldfussia*) trifft dies sicher zu,“ so weiß ich eigentlich nicht, worin der Wert von experimentellen Feststellungen besteht, wenn man nachher das genaue Gegenteil von dem, was die Versuche zeigen, doch festhält. Das eben war ja das Ergebnis meiner Versuche und entwickelungsgeschichtlichen Beobachtungen, daß gerade kein Einfluß der Lage wahrzunehmen ist, übrigens ein Resultat, das auch durch alle früheren Beobachtungen sehr wahrscheinlich war. Sollte jedoch FIGDORs Satz phylogenetisch gemeint sein, so fällt er allerdings außer-

nalb des Rahmens meiner Untersuchungen, weil ich glaube, daß wir formbildende Reize nur am lebenden Objekt studieren können.

3. Weiter macht mir Figdor den Vorwurf allzu großer Verallgemeinerung. In der Zusammenfassung meiner Arbeit S. 122 schrieb ich: „4. Die Dorsiventralität der Seitensprosse, als Exotrophie bezeichnet, kommt zustande durch eine Reizwirkung auf den Vegetationspunkt des betreffenden Sprosses, der Reiz scheint auf Schwächung zu beruhen, durch gute Ernährung läßt sich die dorsiventrale Natur des Vegetationspunktes in radiäre umwandeln. Einen Einfluß des Lichtes konnte ich nirgends finden, ebensowenig bei den untersuchten Formen einen solchen der Schwerkraft" Wie deutlich angegeben, bezieht sich das auf Seitensprosse, wodurch auch Pflanzen wie *Cyathophorum* u. a. von vorneherein ausgeschlossen sind, da es sich hier stets um Hauptsprosse handelt, oder vielmehr kein Unterschied zwischen Haupt- und Seitentrieb besteht; wie ich für diese Pflanzen die Dorsiventralität im Versuche fand, steht S. 101—103. Es hat also gar keine Verallgemeinerung stattgefunden, und Figdor konnte den Eindruck einer solchen nur bekommen und hervorrufen, indem er an der Stelle, wo er mich zitiert, einfach den Vordersatz, der die Einschränkung enthält, wegläßt.

4. Einen Widerspruch enthält, wie ich glaube, meine Arbeit gleichfalls nicht. Die Schwerkraft habe ich in meinen Versuchen (an *Ulmus* und *Goldfussia*) eindeutig als wirkungslos gefunden und dies auch angegeben. Den — meist nicht vorhandenen — Einfluß des Lichtes findet man überall beschrieben, so wie ich ihn beobachtet habe; wie ich ihn bei *Goldfussia* deuten zu müssen glaubte, ist auch hier nochmals begründet worden. Die Versuchsanordnung war sehr einfach: ich hüllte die Sprosse entweder in schwarzes Papier ein oder ließ das Wachstum (bei kleineren Formen) unter schwarzem Glas- oder Papierzylinder vor sich gehen, da wo es sich um völlige Verdunkelung handelte. Ebenso einfach war es, Sprosse bei Untersuchungen über den Einfluß der Lage so zu halten, wie ich es wünschte; übrigens zeigten horizontal liegende radiäre Triebe von *Goldfussia* keinerlei Bestreben, diese Lage zu verändern.

5. Schließlich behauptet Figdor, es wäre wünschenswert, wenn ich zahlenmäßige Angaben veröffentlichte. Tatsache nun ist, daß in meiner Arbeit (ausgenommen die Beobachtungen an *Ulmus* und *Fagus*, wo die Frage, ob symmetrisch oder asymmetrisch, sehr leicht zu entscheiden ist) kein einziger Versuch steht, dem nicht die genauen Zahlenwerte der Resultate beigegeben wären,

ebenso wie auch bei der Beschreibung der Entwicklungsgeschichte stets Messungen der einzelnen Stadien angeführt sind. Außerdem sind noch Reproduktionen nach Photographien beigegeben von *Goldfussia*trieben, welche durch die beschriebenen Versuche aus dorsiventraler in radiäre Form übergegangen waren, S. 111. Wie FIGDOR diese sowie die häufigen Zahlenangaben, die z. T. sogar in Tabellenform gedruckt sind (S. 111 und 112), übersehen konnte, ist nicht verständlich, da sie ja schon beim Durchblättern der Arbeit auffallen müssen.

So weit die Einwände FIGDORs. Schließlich aber sind alle meine Versuche sehr leicht zu wiederholen und damit ist dann ja auch eine Kontrolle meiner Angaben jederzeit ohne Mühe möglich.

---

5. Gertrud u. Friedrich Tobler: Untersuchungen über Natur und Auftreten von Carotinen.

III. Zur Bildung des Lycopins und über Beziehungen zwischen Farb- und Speicherstoffen bei *Daucus*.

(Mit 2 Textfiguren.)

(Eingegangen am 23. Januar 1912.)

Die im weitesten Sinne als Carotine bezeichneten Farbstoffe sind in neuerer Zeit von zwei Seiten aus bearbeitet worden. Einmal haben, meist gelegentlich an einzelnen Objekten, seltener vergleichend und dann vielfach kompilierend, Botaniker sich dem Gegenstand gewidmet. Für sie war das Vorkommen und zwar sowohl im allgemeinen, als auch das lokal beschränkte an den Pflanzen von besonderem Interesse. Erst als die verschiedenartigen Befunde zu Vergleichen nötigten, wurde versucht, die Einzelfunde genauer zu kennzeichnen. Das geschah namentlich auf dem so bequem und so erfolgreich erscheinenden Wege der Spektroskopie, zugleich aber auch durch Beobachtung der Entwicklung der Farbstoffe und des Zusammenhangs mit anderen, wie vor allem dem Chlorophyll.

Demgegenüber bedeutete es einen großen Fortschritt, als auch die Chemiker, meist ausgehend von Studien am Chlorophyll, die Gruppe der Carotine zu erforschen begannen. Dadurch sind

insbesondere die Unterscheidungen, die die Spektroskopie nur hie und da andeuten konnte, präzisiert und nach Möglichkeit die einzelnen Carotine beschrieben worden.

Daß mit diesem vor allem an WILLSTÄTTERs Namen geknüpften Kreis von Arbeiten auch uns Botanikern viel gedient ist, unterliegt keinem Zweifel, um so mehr als der Mehrzahl der Botaniker eine auch nur annähernd ähnliche chemische Untersuchung derartiger Stoffe unmöglich sein dürfte. Aber eben darum ist es an der Zeit, daß die Verständigung zwischen den beiden Gruppen herbeigeführt und das, was jede Seite an Feststehendem hervorgebracht hat, der andern wirklich zugänglich und damit nutzloses Nebeneinander- und Aneinandervorbeiarbeiten vermieden wird[1]).

Müssen wir uns doch darüber klar bleiben, daß auch nach den exaktesten, in großem Maßstab ausgeführten chemischen Untersuchungen, die auf Entwicklungsgeschichte, lokales Auftreten und Verschwinden gerichtete botanische Arbeit nicht überflüssig wird. Und zwar einmal deshalb, weil die große Materialmengen erfordernde makrochemische oder analytische Arbeit dem Auftreten eines Carotins in kleinen Mengen, sowie mehreren Carotinen in entwicklungsgeschichtlichem Zusammenhang u. dgl. nicht nachzugehen vermag, und ferner, weil die Arbeit der Chemiker aus praktischen Gründen vielfach von Materialien ausging, bei denen einzelne Farbstoffe von leicht zersetzbarer Natur höchstwahrscheinlich nicht mehr intakt vorliegen können[2]). Ob diese Farbstoffe im Sinne des einen oder andern wirklich Carotine sind oder nicht, ist botanisch nicht das Ausschlaggebende, sobald Beziehungen zwischen ihnen zu bestehen scheinen oder auch nur das gemeinsame Auftreten beobachtet ist. Für solche Fälle, in denen der Farbstoff der einen Art nur in geringer Menge oder nur auf ganz bestimmten Entwicklungsstadien sich allein zeigt, wird vorläufig

---

1) Man sieht eine ähnliche Verständigung erstrebt von TSWETT (diese Berichte, 1911, 29, S. 630: Über den makro- und mikrochemischen Nachweis des Carotins). Mit Rücksicht auf einige Daten dort können wir von einer geplanten verbesserten Darstellung des mikrochemischen Nachweises hier absehen.

2) So benutzten WILLSTÄTTER und ESCHER (Ztschr. f. physiol. Chemie 1910, 64, 47 f.) Tomatenpüree aus Konserven und trockneten dieses vollständig. Wir wissen aber, daß rote Farbstoffe (Carotinoide im Sinne TSWETTs l. c.), für die wir gemeinsames Vorkommen und Zusammenhang mit den gelben Carotinen bei *Momordica* schilderten (diese Ber. 1910, 28, 496 ff.), sehr leicht zersetzbar sind. Wo also solche im Zusammenhang miteinander auftreten, darf nicht getrocknetes und konserviertes Material dienen.

mikroskopische Untersuchung und Mikrochemie die Untersuchungsmethode bleiben.

Um der von uns in der früheren Mitteilung[1]) gebrachten Nachweise willen wird es sich in der Tat empfehlen, wie TSWETT kürzlich vorschlägt, einen neuen Namen für die Gesamtheit aller der anscheinend verwandten in den Pflanzen vorkommenden gelben und roten Farbstoffe zu schaffen, die bisher als Carotine im weitesten Sinne galten, und den Ausdruck Carotine für die chemisch als Carotine beschriebenen Kohlenwasserstoffe zu reservieren. Obwohl wir die Terminologie TSWETTs („Carotinoide" übergeordnet den „Carotinen") nicht ganz glücklich finden und auch die sie gebende Stelle für nicht ganz leicht verständlich[2]), dürfte es sich empfehlen, an seiner Ausdrucksweise festzuhalten, bis spätere Untersuchungen der ganzen Gruppe und den nicht zu den echten Carotinen gehörigen Stoffen, soweit sie einheitliche Gruppen vorstellen, bessere Namen zu geben gestatten.

In der vorliegenden Mitteilung bringen wir einige Beobachtungen zur Fortsetzung und Ergänzung unserer früheren Daten.

In diesen richteten wir unser Augenmerk auf solche Objekte, bei denen gelbe und rote Färbungen nebeneinander oder nacheinander erscheinen. Bei solchen lassen sich von vornherein genetische Beziehungen vermuten, wenn die verschiedenartigsten Färbungen nacheinander in denselben Organen auftreten.

Ein derartiges Objekt sind einige Sorten von Tomaten. Während die Mehrzahl der Tomatensorten eine dunkelrote Farbe der reifen Früchte zeigt, bestehen Sorten, für die starke Abweichung zu verzeichnen ist. HAAGE und SCHMIDT in Erfurt führen eine Tomate „Kaleidoskop", bei der die Bezeichnung steht: „weiß, später in zitronengelb übergehend". Ähnlich scheinen einige Sorten Eierfrucht *(Solanum Melongena)* sich zu verhalten, so sagen HAAGE und SCHMIDT bei der Sorte „Chamäleon": „Früchte zuerst weiß, später in gelb und scharlach übergehend."

Den Farbstoff der Tomate normaler Art haben WILLSTÄTTER und ESCHER in der schon genannten Arbeit genau behandelt und Lycopin genannt. Dieses ist nicht identisch mit dem Möhren-

1) Diese Ber. 1910, 28, 365.

2) Herr Professor TSWETT teilt uns freundlichst mit, daß er die fragliche Stelle seiner Arbeit wirklich so verstanden wissen will; „Carotinoide" soll gleichbedeutend sein den früheren Begriffen „Lipochrome", „Xanthophylline" (Tswett) und „Carotine" (Zopf). Der neue Name ließ freilich eher einen gewissen Gegensatz zu den echten Carotinen, also etwa eine Bedeutung wie Zopfs „Carotinine" vermuten.

carotin, immerhin isomer, im Verhalten gegen Sauerstoff verwandt, im Schmelzpunkt fast übereinstimmend.

Die Farbe des reinen Lycopins soll im Mikroskop bräunlich-rosa bis karmin sein, im Pulver rotbraun erscheinen. Es zeigt im reinen Zustand, wie das orangerote Carotin, mit Schwefelsäure Blaufärbung. Nach dem, was die Autoren über das Ausgangsmaterial ihrer Untersuchungen sagen (vgl. die Anm.), ist der Farbstoff, den sie untersucht haben, der des Fruchtfleisches reifer Früchte gewesen. Die Schalen dürften nicht dabei gewesen sein.

Die Färbung des Fruchtfleisches ist es aber, wie sich leicht beobachten läßt, bei den meisten Tomatensorten nicht allein, die das äußere Erscheinen der Früchte für unser Auge bedingt. Denn bei den purpurroten Tomaten pflegt die Wand der Epidermis völlig mit einem schön gelben Farbstoff imprägniert zu sein.

Man darf demnach die Farbe der Tomate nicht mit der Farbe des aus dem Fruchtfleisch rein hergestellten Lycopins identifizieren. Wir haben übrigens versucht, aus den Schalen von Tomaten diesen Farbstoff zu extrahieren. Versuche mit den für Carotinoide sonst verwendeten Lösungsmitteln sind aber fehlgeschlagen. Auch konnte keine Reaktion über den Farbstoff Aufschluß geben. Wir wissen über seine Entwicklung nur das eine, daß er erst dann in der Wand auftritt, wenn sich der rote Farbstoff (Lycopin) im Gewebe zeigt. In unreifen grünen Tomaten oder solchen Sorten, die nicht rot werden, bleibt die Wand ungefärbt.

Durch einige Beobachtungen können wir genetische Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Farbstoffen der Tomate zunächst weiter erhärten.

Bei gutem raschen Gedeihen ist die Farbenfolge gewöhnlicher Tomaten diese: Die Frucht ist anfangs grün, wird dann kurze Zeit gelblich und schnell rot. (Die Raschheit des Übergangs erinnert an unsere Daten über *Momordica*[1]).) Dagegen ist der Vorgang bei der obengenannten Sorte „Kaleidoskop“ anders: die Früchte ergrünen wenig oder gar nicht, gehen allmählich in ein helles, schmutziges Gelb über und erlangen schließlich braungelbe Färbung (etwa wie herbstliche hellere Blätter). Auf diesem Stadium blieben fast alle Früchte, auch in dem der Entwicklung so günstigen Sommer 1911, stehen und erlangten so ihre volle Reife. Nur wenige Spätlinge, die meist sehr klein waren und zum Nachreifen an einem sonnigen Platz eines Warmhauses den Rest Oktober und November verbrachten, ergrünten stärker und wurden dann,

1) Diese Berichte, 1910, 28, 368.

wenigstens stellenweise, nur kurz braungelb, dann aber rot. Es könnte danach scheinen, als ob das Auftreten der roten Farbe an ein stärkeres vorheriges Ergrünen und schnelles Durchlaufen des braungelben Zustandes geknüpft sei. Dazu würde gut stimmen, daß an den gewöhnlichen roten Tomaten („Demokrat") gelegentlich (und zwar auch wieder bei Spätlingen!) einzelne anfangs hellere Stellen zu beobachten waren, die kräftiger gelb wurden, es länger blieben und nicht in Rot übergingen.

Über einige mikroskopische Beobachtungen an rotwerdenden Tomaten haben wir früher berichtet[1]) und vor allem festgestellt, daß die Chloroplasten selbst zu Bildungsherden der Carotine werden und daß speziell das Lycopin MONTANARIs und WILLSTÄTTERs (Solanorubin MILLARDETs) an dem ehemaligen Chloroplasten während und nach Versetzung des Chlorophylls auskristallisiert. Daß damit aber ein direkter genetischer Zusammenhang zwischen Chlorophyll und Carotinen festgestellt sein sollte, haben wir schon damals in Abrede gestellt.

Unsere neuerlichen mikroskopischen Untersuchungen an Tomaten galten nun aber der Aufsuchung der Unterschiede hiervon, wie sie da vorliegen müssen, wo sichtlich die Bildung des Lycopins selbst ausbleibt oder nur unter besondern Umständen eintritt also bei „Kaleidoskop" und den Spätlingen von „Demokrat".

Bei den letzteren boten die Stellen, an denen die gelbbraune Farbstufe bestehen blieb und nicht in Rot überging, wie normal, die Abweichung, daß an den von Chlorophyll fast befreiten Chloroplasten viele kleinere gelbe Körnchen erscheinen, später auch auskristallisierten und nur wenig rote Kristalle zu erkennen waren. Die gelben sind splitter-, balken- und nadelförmig, aber stets viel kleiner als die des Lycopins (es genügt deshalb wohl die nicht farbige Abbildung). Sie sind am undeutlichsten und kleinsten, wenn noch Spuren grünen Farbstoffs vorhanden sind und am größten, wo schon einzelne rote Kristalle daneben erscheinen. In gewöhnlichen roten Tomaten sind sie nur ganz vorübergehend und nie in der Ausbildung zu bemerken, die sie an den nicht äußerlich rot gefärbten Stellen erreichen. In ihrem dauernden und reichlicheren Bestehen liegt also die Abweichung der gelbbraunen Flecke an den roten Tomaten von dem übrigen Gewebe.

Vergleichen wir hiermit die schwach ergrünenden Tomaten „Kaleidoskop", die nachher gelb und braun werden, die Farbe

1) Diese Berichte, 1910, 28, 499.

aber — von Ausnahmen abgesehen — als Endstadium beibehalten, so ist der Vorgang ähnlich. Chlorophyll ist nur wenig vorhanden, aber auch gelbe Kristalle nicht zu finden, vielmehr erscheinen reichlich amorphe gelbe Körnchen.

Wir stellten uns selbstverständlich die Frage, was die gelben Kristalle und die amorphen Körnchen der beiden Fälle für Stoffe seien. Eine Isolierung aber und sichere Trennung war bei den geringen Mengen sowohl, als auch bei dem lokal beschränkten oder nicht isolierten Auftreten nicht möglich, spektroskopische Untersuchung ergab keine deutlichen Resultate. Doch zeigten eingetrocknete Schnitte in beiden Fällen bei Schwefelsäurezusatz die blaue sog. Carotinreaktion, die immerhin, wo sie eintritt, Stoffe des Carotinkreises andeuten soll[1]). Es ist also durchaus wahrscheinlich, daß hier statt des roten Lycopins ein gelbes Carotin

1 2

Fig. 1. Tomate Demokrat. Chlorophyll sich zersetzend, die Splitterchen gelbes Carotinoid. (Übergangsstadium.)

Fig. 2. Tomate Demokrat.! Gelbe (kleine) und rote (große, balkenförmige) Kristalle von Carotinoiden. (Späteres Stadium, nicht rein rote Stelle.)

gebildet ist: Die Sorte „Kaleidoskop" stellt eine Tomate vor, die für gewöhnlich nicht zur Lycopinbildung in reifenden Früchten übergeht. Sie bleibt auf einem früheren Stadium, das von der gewöhnlichen rotwerdenden Tomate rasch durchlaufen wird, stehen. Wie aber oben schon bemerkt wurde, konnten unter besonderen Bedingungen einige stellenweise doch zur roten Färbung gelangen: bei diesen traten die Kristalle wie bei den roten Sorten und unter Abnahme des gelben Farbstoffes auf[2]). Der direkte Anlaß zur Rotfärbung scheint aber auch hier

1) Wir fügen hier als Beitrag zu TSWETTs methodischen Angaben an, daß es keineswegs richtig ist, wie TAMMES (Flora 1900, 87, 214) angibt, daß die blaue Reaktion nur an wasserfreien Objekten erfolge. Gerade z. B. bei *Daucus* läßt sie sich auch an frischen Schnitten bisweilen erkennen. Es könnte sein, daß dann schon Modifikationen vorlägen?

2) Hier sei erwähnt, daß da, wo im Inneren nachträglich die Lycopinbildung auftrat, die Früchte also rot wurden, auch die Imprägnierung der Epidermiswand mit gelber Farbe noch erfolgte. Die Wände sind alle cutinisiert und tragen einen äußeren Wachsüberzug.

das vorherige stärkere Ergrünen gewesen zu sein (s. o.). An den Stellen ungewöhnlich verstärkten Ergrünens erfolgte auch hier Lycopinproduktion. Damit soll wieder nicht gesagt sein, daß ein direkter Zusammenhang vorliegen muß zwischen Chlorophyll und Lycopin. Es liegt vielmehr nahe an einen veränderten Ernährungszustand zu denken; denn während die gewöhnlichen rotwerdenden Tomaten in ihrem Reifebeginn durch großen Stärkegehalt der Gewebe auffallen, ist ein solcher bei „Kaleidoskop" nie vorhanden. Lediglich wieder bei den im Warmhaus gehaltenen Spätlingen war ein dem Verhalten der roten analoges und dann die lokale Lycopinproduktion bemerkbar. Die Sorte Kaleidoskop hat ihr Merkmal also nicht sowohl im Mangel der Lycopinbildung, als vielmehr dem Fehlen des Ergrünens und der darausfolgenden Stärkebildung durch eigene Assimilation.

Auf Beziehungen zwischen Stärkegehalt und Farbstoffproduktion waren wir auch an *Momordica* früher experimentell eingegangen[1]). Wir suchten ähnlichen Fragen auch bei *Daucus Carota* nachzugehen, als dem an Carotin besonders reichen, zugleich Zucker und Stärke speicherndem Objekt. Was bei den *Daucus*-Sorten des Handels schwankt, ist, wie ein Blick in die Liste etwa von HAAGE und SCHMIDTs Katalog ergibt, einerseits die Farbe, andererseits die Güte, d. h. der Zuckergehalt. Daß dieser mit dem Stärkegehalt in engster Beziehung steht und daß beide Faktoren bei gleich großen Rüben und oberirdisch gleichen Pflanzen sich wechselseitig ergänzen, ist selbstverständlich. Eine Modifikation kann hier an der Rübe selbst nicht mehr statthaben, da ihr gewöhnlich eigene Assimilation (wie etwa den Früchten) abgeht. Anders aber liegt der Fall an den sog. grünköpfigen Sorten resp. Exemplaren, die aus dem Erdreich so weit herausragen, daß sie anfangen, grün zu werden. Es ist bekannt, daß der Geschmack solcher Wurzeln an Feinheit oft abnimmt. Es schien von Wert zu sein, im Zusammenhang mit der Carotinbildung zu sehen, ob die ergrünenden Objekte Abweichungen erkennen lassen.

Es wurden zur Untersuchung herangezogen folgende *Daucus*-Sorten:

1. Carentan, scharlachrote, Treib-, stumpfspitz,
2. Pariser, allerfrühste, kleine, runde, extra,
3. Guérande, kurze, dicke

(Samen von HAAGE und SCHMIDT).

---

1) l. c. 499.

Es lagen durchweg schön rote und kräftige Rüben vor. Die Vergleichsuntersuchungen wurden an Schnitten jeweils aus 3 Regionen: Kopf, Mitte und Basis der Rübe, vorgenommen und die Beobachtung ausgeführt auf Chlorophyll, Carotin, Stärke, Zucker. Die Angaben, die durch Inaugenscheinnahme von Schnitten bei mittlerer Vergrößerung gewonnen werden, können freilich roh genannt werden, aber sie sind für den vorliegenden Fall klar genug. Insbesondere läßt sich für die Reaktionen mit Jod und FEHLINGscher Lösung auf Stärke und Zucker sehr wohl durch Nachprüfen der Schnitte mit stärkerer Vergrößerung der Fehler vermeiden, daß etwa ungleich dicke Schnitte mit infolgedessen ungleich intensiver Reaktion zum Vergleich gelangen. Für die Menge des Chlorophylls bei der Untersuchung sei daran erinnert, daß die grüne Färbung sich bei fast allen Möhren in der Mitte vom Ansatz der Blätter abwärts in der Wurzel heruntererstreckt, auch bei nicht grünköpfigen, bei den grünköpfigen aber auch innen weiter als außen. Der grüne Streifen zieht sich auf Längsschnitten oft bis in das unterste Drittel der Wurzel hinab. Übrigens wurden bei nicht allzu großen Objekten neben den verschiedenen Niveaus entnommenen Querschnitten auch Längsschnitte zum direkten Vergleich der Zonen verwendet. Die Resultate lassen sich am geeignetsten wohl gleich zusammenfassen, Tabellen sind dabei etwas unübersichtlich.

Der Gehalt an Carotin wächst und fällt natürlich im allgemeinen umgekehrt proportional dem an Chlorophyll, proportional aber dem an Stärke und Zucker.

Bei den völlig roten Objekten wenigstens ist das Verhältnis des Carotins zu Stärke und Zucker besonders deutlich und für verschiedene Altersstufen: alle drei Stoffe nehmen vom unteren Ende gegen die Wurzel hin zu, während sie nach dem Kopfende hin höchstens die gleiche Menge, eher eine Abnahme erkennen lassen.

Bei den oben ergrünenden Exemplaren verschieben sich die Beziehungen insofern, als die zwischen Carotin und Chlorophyll sich stets gleich bleiben, der Gehalt an Stärke und Zucker aber sich nun auch noch in Abhängigkeit vom Alter erweist. Jetzt gilt für Stärke dasselbe wie für Carotin, beide nehmen nach dem Kopf hin ab an den älteren Exemplaren, an den jüngeren kann die Stärke noch im Zunehmen nach oben sein. Der Zuckergehalt dagegen steigt stets mit dem Alter. Die Ergrünung in ihrem Fortschreiten bedeutet merkwürdigerweise also Abnahme der Stärke; was an Reservestoffen neu hinzukommt, ist als Zucker vor-

handen. Hier tritt ferner eine Verdrängung des Carotins durch das Chlorophyll auf. Bei stark vergrünten Wurzeln bildet das Carotin zwischen dem im Mittelpunkt (Holzparenchym! Markstrahlen!) der Wurzel gelegenen Chlorophyll und dem in der Rinde außen sich in immer größere Tiefe erstreckenden Gürtel schließlich nur einen schmalen Ring, der sogar zuerst stellenweise, dann völlig verschwinden kann. Nebeneinander bestehen die beiden Farbstoffe hier nur ganz wenig und selten, Stärke findet sich nur nahe dem Carotinring und in diesem selbst (Kambium!).

Sichtlich sind bei *Daucus* die Verhältnisse, die das Auftreten des Carotins herbeiführen, ungleich komplizierter als in den bisher beobachteten. Aber die früheren Fälle behandelten Früchte, also Objekte, bei denen das Ende einer Entwicklung vorlag. Und es gibt Momente genug, die den Carotinen den Charakter von Zersetzungsprodukten bei Reifeprozessen zusprachen. Hier aber liegt ein Speicherorgan vor, in dem das Carotin reichlich und neben sicheren Speicherprodukten (wie Stärke, Zucker, Öl) erscheint. Seine Funktion wäre durch Vergleich mit anderen Fällen vielleicht aufzuhellen.

Als Parallele zu den Angaben für nicht rote Tomaten sei angeführt, daß es erstens ja *Daucus*-Sorten ohne jeden Farbstoff gibt und daß ferner solche gezogen werden („Lobbericher, lange, große, goldgelbe, süße"), die gelbe Farbe aufweisen. Bei diesen kommt neben dem *Daucus*-Carotin ein anderer goldgelber Farbstoff vor, der ein Carotin zu sein scheint. Diesen und den farblosen sollen spätere Untersuchungen gelten.

Münster (Westf.), 21. Januar 1912. Botanisches Institut der Universität.

6. Paul Sorauer: Die Schleimkrankheit von Cyathea medullaris.

(Mit Tafel II.)

(Eingegangen am 26. Januar 1912.)

In einem Palmenhause zeigte ein etwa 2 Meter hoher Stamm von *Cyathea* seit längerer Zeit einen bedeutenden Rückgang im Wachstum. Die neu entstehenden Wedel wurden zunehmend kleiner und schließlich blieben die jüngsten, als sie etwa 25 cm Länge erreicht hatten, im Wachstum stehen. In dieser Zeit gaben die Basen der früher entwickelten Wedel bei geringem Druck ein knackendes Geräusch und ließen sich leicht abbrechen. An der Bruchfläche trat eine rahmgelbe breiige Masse aus dem Innern des Blattstiels hervor.

Wenn man einen kürzlich gebildeten Wedel in der Nähe seiner Basis durchschnitt, bemerkte man, daß der starke braune Belag aus Haaren und Schülfern sich leicht entfernen ließ und darunter reihenweis gestellte, geschwürartige Neubildungen zutage traten. Dieselben erwiesen sich als unregelmäßig höckerig ausgebildete Überwallungsränder von Wundstellen. Die Überwallungsränder steigerten sich stellenweis zu krebsartigen Wucherungen, welche Längsstreifen bis zu 10 cm Länge darstellten. Etwa eine halbe Stunde nach Ausführung des Schnittes bemerkte man, daß aus der Schnittfläche reichlich farblose, später bernsteingelb werdende gummiartige Tropfen hervortraten und daß der gesamte Gefäßbündelkörper eine schwarze Farbe besaß.

Im Laufe der Untersuchungszeit steigerten sich die Erscheinungen, indem das gesamte Gewebe der Wedel sich bräunte und, nachdem alle neuentstandenen Wedel erkrankten, schließlich die ganze Pflanze abstarb. An den toten Teilen fanden sich reichlichst Pilzansiedlungen und geschäftig bewegliche Milben.

Wenn man die starken blumenkohlähnlichen Wucherungen am Blattstiel aufwärts verfolgte, nahm man wahr, daß dieselben immer kleiner und die Wundstellen immer weniger tief wurden, bis sie sich in Reihen kleiner Löcher auflösten und schließlich nur

noch als schwach eingesunkene braune Stellen auftraten. Hier erwiesen sich zunächst nur die Epidermiszellen gebräunt; in einem späteren Stadium hatte auch das subepidermale Gewebe an der Verfärbung teilgenommen, und bei fortschreitender Erkrankung setzte sich die Bräunung tief in das Rindengewebe hinein fort.

Die normale Rindenschicht des Wedels besitzt unterhalb der Epidermis eine bis vier Zellreihen von parenchymatischem Charakter, auf welche ein nahezu geschlossener Prosenchymbelag von 10—15 Zellen Dicke folgt. Bei Beginn der Erkrankung verfärbt sich zunächst der Inhalt der Epidermiszellen und zerfällt in eine sandig aussehende, nicht klumpig zusammengezogene Masse. Der Vorgang ist dort am deutlichsten, wo die Epidermis zu haar- oder schuppenförmigen Schülfern ausgewachsen sich erweist. Nach dem Zerfall des Inhalts beginnt die Bräunung der Wandungen.

Unabhängig von der Schülfernbildung finden sich Gruppen von Epidermiszellen mit braunem Inhalt, die kuppenförmig über die Oberfläche dadurch hervorgewölbt sind, daß das subepidermale Parenchym, in welchem konzentriertes Glycerin große Zuckertropfen zusammenzieht, sich radial stark gestreckt hat. Die Vorwölbung steigert sich nun zu einem perlartigen Auswuchs an einzelnen Stellen, an denen das Gewebe schon bei seiner Anlage dadurch abnorm verändert worden ist, daß an Stelle des vorerwähnten geschlossenen prosenchymatischen peripherischen Ringes parenchymatische Gruppen gebildet worden sind, die den Prosenchymring durchbrechen und deren Elemente äußerst starke radiale Überverlängerung zeigen. Bisweilen sind solche Zellen viermal länger als breit.

Auf diese Weise entstehen mehr oder weniger große Intumescenzen von fächerartiger Zellanordnung, über welche anfangs die gebräunte Epidermis gespannt bleibt. Später reißt dieselbe am Gipfel der Intumescenz und diese selbst entzwei, so daß zunächst ein Loch entsteht, das von garbenartig angeordneten Zellen der Wucherung umgeben ist. Das inhaltslos gewordene Gewebe derselben stirbt unter schwarzbrauner Verfärbung ab. Indem dieser Vorgang weiter rückwärts fortschreitet, entstehen jene Löcher, welche anfangs erwähnt worden sind.

Unabhängig von dieser Rindenerkrankung erweist sich eine große Anzahl der im meist gesund aussehenden Grundgewebe liegenden Gefäßbündel erkrankt, indem die Wandungen ihrer Holzelemente tief rotbraun verfärbt und verquollen sind. Meistens ist

es die Mittellamelle, welche an der Quellung den Hauptanteil nimmt; das Fibral- und Vasalparenchym bleibt lange Zeit gesund und folgt erst bei fortgeschrittener Erkrankung nach, wenn das Grundgewebe in Schmelzung übergeht und jene ersterwähnten rahmartig oder bernsteingelb austretenden breiartigen Massen liefert. Solange diese Massen noch nicht gänzlich flüssig sind und am Orte ihrer Entstehung Lakunen bildend, im Innern des Blattstiels sich befinden, erscheinen sie wolkig geschichtet und zeigen eine eigenartige Struktur, welche bei Behandlung des Schnittes mit Salzsäure deutlicher kenntlich wird.

Bei Zutritt von Salzsäure nämlich gliedert sich die Masse in landkartenartig unregelmäßige Partien von gleichmäßiger Beschaffenheit und leuchtend rubinroter Färbung und in ein daranstoßendes Netzwerk aus braunrot werdenden Zellwandungen, die als das Vorstadium für das völlige Verflüssigungsprodukt von gummiähnlicher Beschaffenheit anzusehen sind. Wenn man dieses Maschenwerk betreffs seiner Zellengröße mit dem umgebenden normalen Grundgewebe vergleicht, findet man die Dimensionen des ersteren viel kleiner, die Wandungen zarter und verzerrter. Derartiges Gewebe ist aber im gesunden Organ nicht vorhanden und kann daher erst während des Krankeitsprozesses entstanden sein. Dieser Schluß findet seine Bestätigung darin, daß in der Umgebung des Schmelzungsherdes innerhalb des noch normalen Grundgewebes sich einzelne Zellen, die an den Schmelzungsherd anstoßen, dadurch bemerkbar machen, daß sie mit kleinem Maschenwerk durchzogen sind, und aussehen, als ob sie durch Thyllenbildung ausgefüllt wären. Es ist aber nicht beobachtet worden, daß dieses Maschenwerk durch Thyllenwachstum erzeugt wird, sondern es sprechen die Übergangsstadien dafür, daß hier in dem plasmatischen Inhalt eine freie Zellbildung stattfindet. Solange das Grundgewebe gesund ist, erweist es sich reichlich mit Stärke angefüllt, die beim Erkrankungsprozeß gelöst wird.

Derselbe Vorgang ist vielfach auch in den normal im Grundgewebe eingelagerten, oft in kurzen Längsreihen stehenden Schleimzellen zu finden. Die kleinen Füllzellen derselben färben sich mit Salzsäure braunrot und gehen bei ihrer Schmelzung in eine leuchtend rote strukturlose Masse über. Einem ähnlichen Vorgange begegnet man auch bei einzelnen normalen Parenchymzellen, deren Wandungen unter schwacher Quellung sich mit Salzsäure leuchtend rot färben.

Sehr demonstrativ erweist sich die Doppelfärbung mit Methyl-

grün und Eosin, indem alles normale Gewebe leuchtend rosenrot wird, das erkrankte aber in grünbleibender Färbung sich abhebt. Man findet auf diese Weise sehr schöne Übergangsfärbungen von der normal verbliebenen Membran bis zu der schleimigen Verquellung und sieht vergrößerte Parenchymzellen oder auch Schleimzellen mit roter Wandung aber grünem Zellennetz im Innern.

Bei Behandlung mit Eisensulfat zeigen sich alle Membranen geschwärzt und zwar um so intensiver, je erkrankter dieselben sind. Die erwähnten Ausfüllungen der Schleimzellen erscheinen als dunkelgraue, gequollene, kuglige Massen mit deutlich erkennbarer Umgrenzung der Einzelkörper. Die übrigen Schleimzellen, welche nicht die netzige Ausfüllung besitzen, sind entweder inhaltsleer oder aber mit gleichartiger tiefschwarzer Substanz verstopft. Ebenso sind die Zellinhalte der Epidermis und der subepidermalen Gewebe tiefschwarz, aber die Wandungen werden, wie diejenigen des parenchymatischen Grundgewebes und der prosenchymatischen Gefäßbündelumgürtungen matter, etwa grünschwarz, gefärbt. Am tiefsten geschwärzt erweisen sich die gleichartigen, gummös aussehenden strukturlosen Schmelzungsprodukte.

Bei Einwirkung kalter Kalilauge färben sich alle dickwandigen Elemente lehmgelb bis braungelb. Die gummiähnlichen Massen nehmen eine leuchtend braungelbe Färbung an und quellen auf, während das anstoßende kleinzellige Gewebe, das später der Verschleimung verfällt, bis zur Unkenntlichkeit durchsichtig wird.

Es scheint, daß die Kalilauge den braunen Farbstoff den Membranen der erkrankten Gewebe entzieht und dieser von dem gummiähnlichen, strukturlosen Schmelzungsprodukt gespeichert wird; letzteres wird von heißer Kalilauge gelöst.

Das kleinzellige Gewebe, das später der Verschleimung verfällt, läßt sich auch schon durch Erhitzen des Schnittes in Wasser deutlich machen, wobei die gummöse strukturlose Masse entfärbt wird.

Die Übergänge vom gesunden in das kranke Gewebe werden bei Behandlung der Schnitte mit frisch bereiteter Chlorzinkjodlösung sehr scharf gekennzeichnet, indem sich das gesamte gesunde Parenchym und die sekundäre Membran der prosenchymatischen Elemente tiefblau färben, alles erkrankte Gewebe aber einschließlich der verschleimten Massen braungelb wird. Besonders schöne Bilder bieten die mit kleinzelligem Gewebe ausgefüllten Parenchym-

zellen in der Nähe des Verschleimungsherdes. Die Wandungen solcher etwas vergrößerten Zellen des Grundgewebes werden blau, während das sie ausfüllende Maschenwerk gelbbraun erscheint.

Eine empfehlenswerte Reaktion ist auch die Färbung mit Alizarin unter nachfolgendem Auswaschen des Schnittes. Man erhält dann Bilder, in welchen alle erkrankten Teile rot bleiben, namentlich auch die Schleimmassen, während das gesunde Gewebe sich schnell wieder entfärbt.

Es wurde anfangs erwähnt, daß die kranken Teile ungemein reich von Milben und Pilzen besiedelt erscheinen. Außer einer Anzahl wechselnder Schimmelformen entwickelt sich bei der Kultur allmählich eine Perithecienform in Gestalt roter Kapseln, die nesterweise zusammenstehen. Die anfangs leuchtend roten, später braunroten Kapseln sind meist kugelig oder wenig höher, wie breit mit großgefelderter Oberfläche, etwa 160 μ hoch bei 140 μ Breite. Die Askosporen sind ellipsoid-zylindrisch, oben und unten abgerundet, farblos, einzellig, bei Anwendung wasserentziehender Mittel bisweilen 4 Abteilungen, aber keine Scheidewände erkennen lassend, $4—5 \times 20—23$ μ groß. Die sie bergenden Schläuche müssen ungemein schnell verschleimen, da es nicht gelungen ist, vollkommen ausgebildete mit reifen Sporen zu beobachten. In Rücksicht darauf, daß zurzeit der Untersuchung nicht alle zur Bestimmung des Pilzes notwendigen Merkmale aufzufinden waren, muß von einer Bestimmung abgesehen werden. Wir sprechen ihn als eine *Nectria* an.

Die hier geschilderten Erscheinungen reihen diese Erkrankung von *Cyathea* in die Gruppe der Verflüssigungskrankheiten ein und stellen sie in die Nähe der Gummosen. Wie bei dieser tritt ein Schmelzungsvorgang der Zellwandungen ein, bei dem die sekundäre Membran in erster Linie beteiligt ist. Das Verhalten der Membranen zu Salzsäure deutet auf einen Reichtum an Phloroglucin, das ebenso wie bei Kirschen auch mit Anhäufung von Gerbstoffen vergesellschaftet ist. Die Endprodukte des Verflüssigungsprozesses erweisen aber schon dadurch ihre Verschiedenheit, als die schließlich aus dem Pflanzenteil heraustretende Masse bei *Cyathea* breiartig bleibt und nicht erstarrt, während die bei den Amygdalaceen hervorquellenden Gummipartien alsbald erstarren. Erstere färben sich auch mit HCl rot, letztere gelb.

Was aber den vorliegenden Fall von allen andern mir bekannten Schmelzungsvorgängen unterscheidet, ist, daß außer der Lösung

großer Gruppen von normalem Parenchym sich ein Vorgang einstellt, der an die Eiterbildung im Tierkörper erinnert. Es sind dies die Maschenbildungen innerhalb der zur Verflüssigung sich vorbereitenden Zellen des Grundgewebes, die in der Nähe des Schmelzungsherdes gefunden werden. Wie die Reaktionen zeigen, sind die Maschen als die Wandungen kleiner, kernloser Zellen anzusprechen, welche in einer sich zunächst etwas vergrößernden Zelle des Grundparenchyms oder in einer Schleimzelle sich bilden. Daß dieser Vorgang stets der vollständigen Verschleimung vorangeht, ist daraus zu schließen, daß sich um den großen zentralen Schleimherd eine wolkige Zone lagert, die bei Anwendung von Quellungsmitteln sich in ein zusammenhängendes Netzwerk aus den erwähnten Neubildungen auflöst.

Fragt man nach der Ursache des Verschleimungsvorganges, so ist auf das Auftreten der Intumescenzen zu verweisen, die als Komplexe überverlängerter Rindenzellen in blumenkohlähnlichen Wucherungen hervortreten.

Eine ähnliche Überverlängerung von Zellen ist auch noch im Innern des Blattstiels zu beobachten gewesen. Nämlich in der Nähe des Schmelzungsherdes zeigen sich einzelne Gefäßbündel, bei denen die an die Endodermis nach innen anstoßende, z. T. Stärke führende (Stärkescheide) eine bis drei Zellen starke Parenchymlage nicht aus isodiametrischen (wie normal) Zellen gebildet wird, sondern aus radial gestreckten palisadenartig sich lagernden Elementen besteht. Es müssen also zur Zeit der Anlage des Wedels, als die Gewebe noch streckungsfähig waren, Verhältnisse vorhanden gewesen sein, welche eine Überverlängerung bestimmter Zellgruppen und deren teilweises Auswachsen zu Intumescenzen veranlaßten. Nach allem, was wir bisher über die Entstehung von Intumescenzen wissen, verdanken dieselben einem lokalen Wasserüberschuß ihre Entstehung. Derselbe braucht nicht durch direkte übermäßige Wasseraufnahme zustande zu kommen, sondern kann sich auch dadurch einstellen, daß bei reichem Wasservorrat der Gewebe die Verdunstungstätigkeit herabgedrückt wird. Solche Verhältnisse sind im vorliegenden Falle vorhanden gewesen; denn der Farnstamm war in einem sehr hohen, stark erwärmten und daher sehr viel Feuchtigkeit enthaltenden Palmenhause weit entfernt von der Lichtquelle ausgepflanzt gewesen.

Erklärung der Tafel II.

Querschnitt durch die erkrankte Wedelbasis von *Cyathea medullaris*.

h, Hohlraum des Verschleimungsherdes. Der Hohlraum wird begrenzt von dem der Verschleimung zunächst verfallenden Maschenwerk (m), das aus Zellen besteht, welche innerhalb normaler, sich etwas vergrößernder Zellen des Grundparenchyms entstanden sind. Derartige Zellen, in denen das Maschenwerk bereits deutlich ausgebildet ist und die nächster Zeit der Verschleimung anheimfallen würden (b), findet man häufig.

sz sind normale Schleimzellen, welche bei der Erkrankung entweder auch ein Maschenwerk ausbilden oder sich direkt mit Schleim füllen, wobei nicht selten die sekundäre Membran durch Quellung sich beteiligt. p ist das normale parenchymatische Grundgewebe, g normales Gefäßbündel.

Einladung
zur
Generalversammlung
der
Deutschen Botanischen Gesellschaft.

Die Mitglieder der Deutschen Botanischen Gesellschaft werden hiermit zur Teilnahme an der am

Dienstag, den 28. Mai, vormittags 9 Uhr, in Freiburg i. B.

im

Hörsaal des Zoologischen Instituts der Universität

stattfindenden Generalversammlung eingeladen. Die Tagesordnung ist durch §§ 15 und 16 der Geschäftsordnung gegeben. Gleichzeitig werden in Freiburg die Freie Vereinigung für Pflanzengeographie und systematische Botanik und die Vereinigung für angewandte Botanik ihre Versammlungen abhalten.

G. Haberlandt,
z. Z. Präsident der Gesellschaft.

Sitzung vom 23. Februar 1912.

Vorsitzender: Herr J. BEHRENS.

Als ordentliche Mitglieder werden vorgeschlagen die Herren

Spisar, Dr. **Karl**, Direktor der Landwirtschaftlichen Landesversuchsanstalt in **Brünn** (Mähren) (durch B. NĚMEC und J. PEKLO).

Seeliger, Dr. **Rud.**, Assistent an der Kaiserl. biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft in **Dahlem** b. Steglitz, Königin-Luise-Straße 19 (durch J. BEHRENS und P. CLAUSSEN).

Müller, Dr. **Clemens**, in **Bonn**, botanisches Institut (durch E. STRASBURGER und M. KOERNICKE).

Brunnkow, **Reinhard**, in **Stettin** (durch A. DENGLER und M. MÜCKE).

und Fräulein

Schiemann, **Elisabeth**, in **Berlin**, Tauentzienstr. 76 (durch E. BAUR und M. BURRET).

Als ordentliches Mitglied wird proklamiert Herr

Müller, Dr. **Arno** in **Berlin.**

Frl. ELISABETH SCHIEMANN berichtete über Mutationen bei *Aspergillus niger* nach eigenen Versuchen.

Es handelte sich darum festzustellen, ob es möglich ist, Mutationen, d. h. also sprunghaft auftretende, erblich fixierte Veränderungen durch starke äußere Reize hervorzurufen.

Versuchsobjekt war *Aspergillus niger*, Ausgangsmaterial eine nach dem BURRIschen Tuscheverfahren hergestellte Einzellkultur. Als Reizmittel kamen schwache Giftdosen und extreme Temperaturen zur Anwendung. Die verwendeten Gifte waren in erster Linie $CuSO_4 \cdot 5\,aq$, $K_2Cr_2O_7$ und $CCl_3COH \cdot 1\,aq$. Das Gift wurde

in Konzentrationen von 1 g-mol auf 1000, 2000 resp. 20 000 l einer Nährlösung von Rohrzucker, Pepton, KNO_3, $MgSO_4$ und KH_2PO_4 zugesetzt und der Pilz bei der Optimaltemperatur von 36 ° gezüchtet.

Es traten Mutationen auf:

1. auf Giftkulturen

a) in der 1. Generation auf $K_2Cr_2O_7$ (Konz.: 1 : 2000) eine braune Form, die isoliert, auf giftfreien Nährboden (7 % Malzagar) übertragen und hier bis zur 32. Generation unverändert weiter gezogen wurde;

b) in der 11. Generation auf $K_2Cr_2O_7$ (Konz.: 1 : 20 000) eine Form, deren Konidienrasen von weiß über sandfarben nach hellzimtbraun übergeht; die Kultur ist konstant bis zur 23. Generation fortgesetzt worden;

2. auf Hitzekulturen bei der Maximaltemperatur 44—45 ° auf Schrägagarröhrchen (7 % Malzagar) eine abweichende Wuchsform. Die Rasen dieser Form sind schnellwüchsiger als die der Ausgangsrasse, haben ein lockeres Mycel mit vielen Lufthyphen, verlängerte Konidienträger (3—4 mm gegen 1—2 mm der Ausgangsrasse). Von gelegentlich auftretenden Ernährungsmodifikationen, die den gleichen Habitus aufweisen, ist diese Form durch ihre Erblichkeit prinzipiell unterschieden, also als Mutante zu bezeichnen; sie liegt in der 17. Generation vor.

Die erste Mutante ist dreimal aufgetreten; zum zweitenmal auf $K_2Cr_2O_7$ und in jüngster Zeit auf einer Kultur ohne Giftzusatz bei Zimmertemperatur. Dieses Vorkommen macht es notwendig, die relative Häufigkeit des Auftretens von Mutationen mit und ohne Reizwirkung zahlenmäßig festzustellen.

Die Versuche sind im botanischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin ausgeführt.

Mitteilungen.

7. N. A. Maximow: Chemische Schutzmittel der Pflanzen gegen Erfrieren. I.

(Eingegangen am 8. Februar 1912.)

In den letzten Jahren widmet man der Frage über das Erfrieren der Pflanzen viel Interesse, und die Anzahl der Arbeiten darüber wächst immer mehr. Dessenungeachtet würde man doch meist vergebens eine Antwort auf die folgende Frage suchen: weshalb ist eine so verschiedene Kälteresistenz bei verschiedenen Pflanzen vorhanden, weshalb gehen einige Pflanzen beim ersten Frieren zugrunde, während andere den stärksten Frost vertragen, ohne dadurch beschädigt zu werden. Obgleich diese Frage den Praktikern außerordentlich wichtig und interessant ist, so scheint es, als ob dieselbe die Forscher meistens verscheucht und diese — wie es MOLISCH (1) z. B. in seinem unlängst, etwa vor einem Jahre, gehaltenen Vortrag meint — die Lösung dieser Frage jedenfalls auf die entfernte Zeit hinausschieben, „wenn wir einmal einen tieferen Einblick in die spezifische Konstitution des Protoplasmas der verschiedenen Gewächse, die noch tief verschleiert vor dem Auge des Forschers liegt, gewinnen sollten."

Erst in der letzten Zeit trifft man Versuche an, die auch in dieses anscheinend unzugängliche Gebiet eindringen wollen. BUHLERT (2) machte bereits einen Versuch, der Lösung dieser Frage näher zu treten. In seinen umfangreichen, aber leider unbeendeten Untersuchungen über das Auswintern des Getreides, unterwarf er verschiedene Sorten desselben, die ungleiche Widerstandsfähigkeit gegen Kälte besitzen, einer vergleichenden Untersuchung; er fand, daß man die Ursache der größeren Kälteresistenz nicht so sehr in morphologischen und anatomischen Merkmalen, wie in der chemischen Natur der Pflanze suchen muß, und es fiel ihm auf, daß die widerstandsfähigen Sorten einen größeren osmotischen Druck besitzen. Viel bestimmtere Ergebnisse finden wir in der

inhaltreichen Arbeit von LIDFORSS (3), die ein Jahr später, aber in einem wenig verbreiteten und wenig zugänglichen Organ gedruckt worden ist und deshalb fast unbemerkt in der Literatur geblieben ist. Beim Studium der Eigentümlichkeiten der wintergrünen Flora hat LIDFORSS besonders eingehend die physiologische Bedeutung eines ihm schon längst aufgefallenen Umstandes behandelt, nämlich, daß Stärke in den Blättern der wintergrünen Pflanzen für den Winter durch Zucker ersetzt wird. Er betrachtet diesen Ersatz des unlöslichen Kohlenhydrates durch das gelöste als ein Schutzmittel gegen schädliche Einwirkung der Winterkälte. Der Zucker tritt seiner Meinung nach, als ein spezieller Schutzstoff auf, der die Widerstandsfähigkeit erhöht. Diese Theorie beweist er nicht nur durch ausgedehnte biologische Beobachtungen, sondern auch durch Experimente: die Blätter der wintergrünen Pflanzen (*Viburnum Tinus* u. a.), deren Blattstiele in 5—10 proz. Zuckerlösungen eingetaucht wurden, zeigten beträchtlich mehr Widerstandsfähigkeit als die Kontrollblätter derselben Pflanzen. Ähnliche Resultate erhielt er auch an empfindlicheren Objekten — an den Keimlingen von *Helianthus* und an den Wurzeln von *Zea Mays* und *Vicia Faba*.

Meine gegenwärtige Arbeit stellt in gewissem Maße die Fortsetzung meiner Untersuchungen (4) über das Erfrieren von *Aspergillus niger* dar, in welcher ich mich mit dem Einfluß der Konzentration auf die Kälteresistenz dieses Pilzes beschäftigte. In derselben bewies ich nämlich, daß das Einführen von Glycerin oder Zucker in die Zelle die Widerstandsfähigkeit gegen Kälte stark erhöht; dabei habe ich dargetan, daß die Erhöhung der Kälteresistenz bedeutend rascher vor sich geht als die Gefrierpunktserniedrigung und darum kann sie nicht bloß durch diese erklärt werden. Meine Ergebnisse wurden späterhin von BARTETZKO (5) in seiner Arbeit, die im Laboratorium von Prof. PFEFFER ausgeführt wurde, vollständig bestätigt.

Ungeachtet der Bequemlichkeiten der Anwendung der Schimmelpilze für physiologische Untersuchungen, brachten mich die Experimente mit *Aspergillus niger* zu der Überzeugung, daß diese Pilze wenig tauglich für die Studien über das Erfrieren der Pflanzen sind, weil sie in dieser Hinsicht einen besonderen physiologischen Typus darstellen. Meine Experimente und die von BARTETZKO stimmen darin überein, daß das Absterben von *Aspergillus niger* schon bei einer Temperatur über dem Gefrierpunkt beginnt, also haben wir es hier mit einer Erscheinung zu tun, die bedeutend vom typischen Erfrieren, d. h. vom Tode, der

infolge der Eisbildung innerhalb der Pflanze erfolgt, abweicht. Außerdem zeigten die Untersuchungen von RICHTER (6), daß man das Wiederaufleben der erfrorenen, anscheinend vollkommen toten Kultur von *Aspergillus* nach dem Auftauen bei + 30 ° C beobachten kann; bei den höheren Pflanzen gelingt es niemals, solch ein Wiederaufleben zu beobachten.

Da ich der Ansicht bin, daß das größte Interesse — das theoretische wie auch besonders das praktische — die Experimente mit den höheren Pflanzen in Anspruch nehmen, so bevorzugte ich bei meinen wiederaufgenommenen Studien über das Erfrieren der Pflanzen diese Objekte, und an die Spitze stellte ich die Aufklärung der drei folgenden Fragen:

1. Ob der Todespunkt der höheren Pflanzen ein spezifisches Minimum darstellt, welches nur von dem feineren Bau der lebendigen Substanz abhängt, die vorläufig unseren Studien unzugänglich ist, oder ob dieses Minimum von verhältnismäßig einfachen physikalisch-chemischen Umständen beeinflußt wird, wie z. B. durch die Gegenwart und Konzentration bestimmter Stoffe in der Zelle.

2. Ob eine gerade Proportionalität zwischen der Gefrierpunktserniedrigung der Pflanze, welche durch das Einführen der Schutzstoffe in die Zelle hervorgerufen wird, und der Erhöhung der Kälteresistenz existiert, oder ob dieser Zusammenhang bedeutend komplizierter ist.

3. Ob verschiedene Stoffe, die in gleichen Konzentrationen angewendet werden, gleiche Schutzwirkungen besitzen, oder ob diese Wirkung verschiedenen Stoffen in verschiedenem Grade eigen ist.

Nach langem Suchen habe ich schließlich eine recht einfache Methodik ausgewählt. Ich nahm Objekte mit gefärbtem Zellsaft; die Blätter vom gewöhnlichen Rotkohl und von *Tradescantia discolor* erwiesen sich als vollkommen passend. Mittels eines Rasiermessers präparierte ich von der Oberfläche der Blätter nicht zu dünne Schnitte und brachte sie in flache Gefäße, die mit angeschliffenen Stöpseln versehen waren, auf Lösungen verschiedener Stoffe von verschiedenen Konzentrationen — eine Methode, die gewöhnlich bei plasmolytischen Untersuchungen angewendet wird. Nach einem genügend langen Verweilen auf der Lösung wurden die Schnitte samt etwas Lösung mittels eines Pinsels in gläserne Röhrchen von 20 mm Länge und 5 mm Breite übertragen; die Röhrchen wurden alle zusammen in einem kleinen Halter, der aus Korken und einem Holzstäbchen bestand, befestigt. Dann wurden sie in ein großes Reagenzglas gebracht, welches sich in dem Gefrierapparat befand.

Besondere Aufmerksamkeit verwandte ich darauf, daß das Gefrieren bei vollständig bestimmter und konstanter Temperatur geschah, weil man nur unter solchen Bedingungen die Resultate vollkommen vergleichen kann. Dazu benutzte ich die Methode der Kryohydratlösungen[1]). Mein Gefrierapparat stellte im wesentlichen einen bedeutend vergrößerten BECKMANNschen Apparat dar, der zum Bestimmen des Molekulargewichts angewendet wird. Das äußere große Gefäß wurde mit Kältemischung, und das Innere, welches von diesem Gemisch durch einen gläsernen Schutzmantel getrennt war, mit Kryohydratlösung von beständigem Gefrierpunkt angefüllt. Man könnte zwischen 0 ° und — 22 ° eine ganze Serie beständiger Temperaturen erhalten, wenn man entsprechende Salze wählte; ich gebrauchte folgende Salze (in Klammern zeige ich die Lage des eutektischen Punktes der Wasserlösungen an): $K_2Cr_2O_7$ (— 1,0 °), K_2SO_4 (— 1,6 °), KNO_3 (— 2,9 °), $MgSO_4$ (— 3,9 °), $Sr(NO_3)_4$ (— 5,8 °), $BaCl_2$ (— 7,8 °), KCl (— 11,1 °), NH_4NO_3 (— 17,3 °), NaCl (— 22 °). In solch eine Kryohydratlösung wurde das Reagenzglas mit den Röhrchen versenkt. Die Kryohydratlösung wurde beständig mittels eines gläsernen Rührers gemischt, welcher von einem HEINRICI-Heißluftmotor in Bewegung gesetzt wurde. Wählt man die Temperatur des umgebenden Gemisches so, daß dieselbe 2 °—3 ° niedriger als der eutektische Punkt der Lösung ist, so kann man eine beständige Temperatur im Laufe einer unbegrenzt langen Zeit erhalten. Die Unterkühlung, die unbedingt in schmalen Röhrchen beobachtet wird, wird nach 20 bis 30 Minuten nach Beginn des Frierens durch rasches Einführen eines winzigen Kriställchens Eis oder Schnee in jedes der Röhrchen beseitigt. Das Gefrieren dauerte gewöhnlich 4—5 Stunden, dann wurde der Halter mit den Röhrchen aus dem Apparat herausgenommen und das Ganze bei Zimmertemperatur auftauen gelassen. Ungefähr eine Stunde nach dem Auftauen wurden die Schnitte mikroskopisch untersucht, und man konnte leicht die am Leben gebliebenen Zellen von den erfrorenen durch den gefärbten Inhalt unterscheiden. Nach der ersten Kontrolle ließ ich gewöhnlich die Schnitte in derselben Lösung bis zum nächsten Tag liegen, und dann folgte die zweite Kontrolle. Der Unterschied zwischen der ersten und der zweiten Untersuchung war meist nicht groß, obwohl die Anzahl der abgestorbenen Zellen sich fast immer am nächsten Tage vergrößerte.

---

1) OSTWALD-LUTHER, Physico-Chemische Messungen, 2. Aufl., S. 80

Anfangs beabsichtigte ich, die Experimente in folgender Weise auszuführen: den Todespunkt der Kontrollschnitte, die auf Wasser gefroren, mittels einer Reihe von Bestimmungen festzustellen und denselben mit dem Todespunkt der Schnitte, die auf Lösungen verschiedener Stoffe verschiedener Konzentrationen gehalten wurden, zu vergleichen. Es zeigte sich aber, daß von irgendeiner bestimmten Temperatur des Absterbens nicht nur einer ganzen Pflanze oder eines Organs, sondern auch von zwei nebeneinander liegenden Zellen nicht die Rede sein kann. Ein Schnitt, welcher nicht zu starkem Abkühlen unterworfen wird, stellt bei mikroskopischer Untersuchung ein außerordentlich buntes Bild dar: einige Zellen sind schon tot und haben ihr Pigment verloren, die anderen behalten ihre vollständige Impermeabilität und treten dank ihrer grellen Färbung stark hervor. Beim Sinken der Temperatur wächst die Anzahl toter Zellen sehr allmählich, und der Unterschied zwischen dem Todespunkt verschiedener Zellen ein und desselben Schnittes erreicht nicht selten einige Grade[1]).

Infolgedessen benutzte ich eine andere Methode: ich ließ auf einmal eine ganze Serie von Schnitten, die eine Zeitlang auf den Lösungen verschiedener Konzentrationen gehalten wurden, bei einer beständigen Temperatur gefrieren und merkte für jeden Schnitt die Anzahl der am Leben gebliebenen Zellen ungefähr an. Die Resultate dieser Bestimmungen sind in den folgenden Tabellen angeführt.

Zu allererst beschloß ich, eingehender die Schutzwirkung des Zuckers zu untersuchen, der nach LIDFORSS (3) von sehr großer Bedeutung im Leben der wintergrünen Pflanzen ist. Mich interessierte hier nicht so sehr die Bestätigung seiner Ergebnisse, wie die Aufklärung der quantitativen Seite der Frage: nämlich, wie weit der Todespunkt aufgeschoben werden kann und ob der Zuckerzusatz allein die Widerstandsfähigkeit so erhöhen kann, daß eine von Natur nicht besonders widerstandsfähige Pflanze die größten Winterfröste ertragen kann. Diese Frage war von desto größerem Interesse, als SCHAFFNIT (11) in seinen unlängst herausgegebenen, umfangreichen Untersuchungen die Schutzwirkung des Zuckers zwar nicht vollständig leugnete, ihr aber doch keine große Be-

1) Ähnliches beobachtete BARTETZKO (5) bei seinen Versuchen mit den Schimmelpilzen. Dagegen MEZ (7) und besonders seine Schüler APELT (8), REIN (9) und VOIGTLÄNDER (10) halten es für möglich, den Todespunkt ihrer Objekte bis 0,01 ° C genau zu bestimmen. Die Ursache dieser Uneinigkeit möchte ich aus der mangelhaften Aufmerksamkeit seitens genannter Forscher bei mikroskopischer Untersuchung ihrer Objekte erklären.

deutung im Leben der Pflanzen zuschrieb. Die Hauptursache verschiedener Kälteresistenz erklärt er durch verschiedene Beschaffenheit der Eiweißstoffe des Plasmas. Die erste Serie der Experimente behandelt die Glukose — Zucker, der am raschesten in die Zelle eindringt und darum der brauchbarste für unsere Experimente ist. Die Versuchspflanze dieser Serie war der Rotkohl — eine Pflanze, welche die Eisbildung in ihren Zellen ohne Beschädigung erträgt. Diese Pflanze gefriert etwa bei $-2°$, stirbt aber erst zwischen $-5°$ und $-7°$ C ab (ist also nach der Terminologie von MEZ (7) eisbeständig).

Tabelle I. Rotkohl. Glukose.

Konz. / t °	2 n	1 n	$^1/_2$ n	$^1/_4$ n	$^1/_8$ n	$^1/_{16}$ n	Wasser
— 5,2 °	—	—	—	leb.	leb.	leb.	$^1/_2$ leb.
— 7 8 °	—	—	leb.	leb	$^1/_4$ leb.	einzel.leb.	tot
— 11,1 °	leb.	leb.	leb	$^1/_2$ leb.	einzel.leb.	tot	tot
— 17,3 °	leb.	leb.	$^1/_4$ leb.	einzel.leb.	tot	—	—
— 22 °	leb.	leb.	einzel.leb.	tot	—	—	—
— 32 °	$^1/_2$ leb	einzel.leb.	tot	—	—	—	—

Wie die Tabelle uns angibt, beginnt die Schutzwirkung der Glukose schon bei schwacher Konzentration ($^1/_{16}$ normal = 1,1 %); bei Erhöhung der Konzentration wächst dieselbe außerordentlich rasch, und die 1n- (18%) Lösung macht es möglich, Kälte bis — 22 ° ohne Schaden zu ertragen. Eine direkte Proportionalität zwischen der Größe der Depression und der Schutzwirkung kam nicht zum Vorschein, da $^1/_2$n-Lösung, die den Gefrierpunkt nur auf 0,9 ° erniedrigt, die Kälteresistenz aber nicht weniger als um 6 ° (von —5,2 ° bis —11,1 °) erhöht; ebenso erhöht die 1n-Lösung mit Depression —1,8 die Widerstandsfähigkeit nicht weniger als um 17 ° (von —5,2 bis —22 °). Dabei sehen wir, daß der Zusatz von Glukose allein genügt, um die Kälteresistenz des Kohles mit derjenigen mancher Vertreter der wintergrünen Flora wie z. B. Epheu oder *Ilex* gleich zu machen, dessen Todespunkt nach GÖPPERT nahe an —25 ° liegt. Damit ein so starker Frost zu ertragen sei, müssen freilich 1—2 n-Konzentrationen gebraucht werden, die einem osmotischen Druck von 22—44 Atmosphären entsprechen Solche Konzentrationen sind aber nicht etwas ganz Außergewöhnliches und Unerreichbares für die Pfanze im Naturzustande. Als LIDFORSS (3) den osmotischen Druck in den Blättern der wintergrünen Pflanzen untersuchte, fand er, daß im Winter derselbe bedeutend höher als im Herbst ist und 10—11 % KNO_3, d. h. 33 - 35 Atmosphären erreichen kann (s. Tabelle S. 67

Ilex, *Taxus*, *Hedera*), — eine Größe, die gerade dem entspricht, was unsere Experimente ergeben. Ähnliche Resultate erhielt auch BUHLERT (2), als er den osmotischen Druck in den Nadeln der Nadelbäume gemessen hatte.

Anhänger der Ansicht, daß die Kälteresistenz der Pflanze hauptsächlich von der spezifischen Struktur des Protoplasmas abhängt, könnten freilich erwidern, daß der Rotkohl zu den eisbeständigen Pflanzen gehört und der Zuckerzusatz die schon vorhandene recht beträchtliche Kälteresistenz nur erhöhen würde. Deshalb war es für mich von großem Interesse, meine Ergebnisse an irgendeiner Pflanze, die für den geringsten Frost empfindlich ist, zu kontrollieren. Ich wählte *Tradescantia discolor*, eine tropische Planze, deren Todespunkt nach REIN (9) bei — 2,14 ° liegt, nach meinen Bestimmungen aber zwischen — 1 ° und — 1,6 °; jedenfalls liegen der Gefrierpunkt und der Todespunkt bei dieser Pflanze nahe aneinander, wenn sie auch nicht völlig ineinander fallen.

Tabelle II. *Trandescantia.* Glukose.

Konz. / t °	2 n	1 n	1/2 n	1/4 n	1/8 n	1/16 n	Wasser
— 1,0 °	—	—	—	leb.	leb.	leb.	leb.
— 1,6 °	—	—	—	leb.	1/2 leb.	einzel.leb.	tot
— 2,9 °	—	leb.	leb.	leb.	einzel.leb	tot	tot
— 3,9 °	leb.	leb.	leb.	1/2 leb.	tot	—	tot
— 5,8 °	—	leb.	leb.	einzel.leb.	tot	tot	tot
— 7,8 °	—	leb.	leb.	einzel.leb.	tot	tot	tot
— 11,1 °	leb.	leb.	3/4 leb.	tot	tot	—	—
— 17,3 °	leb.	leb.	1/2 leb.	tot	tot	—	—
— 22 °	leb.	leb.	1/4 leb.	tot	—	—	—
— 32 °	einzel.leb.	tot	tot	—	—	—	—

Das Einführen von Glukose erwies sich auch hier als Schutzmittel, und recht starke Lösungen dieses Stoffes sind imstande, sogar eine tropische Pflanze bedeutend widerstandsfähiger als die Mehrzahl der Pflanzen unseres gemäßigten Klimas zu machen. Es ist interessant hier festzustellen, daß die Wirkung hoher Zuckerkonzentrationen auf so verschiedene Objekte wie Rotkohl und *Tradescantia discolor* fast die gleiche Widerstandsfähigkeit erzielt. Es scheint mir, daß dieser Umstand allein uns eine vollständig klare Lösung der ersten Frage, die am Anfang dieser Arbeit gestellt worden ist, geben kann: ein spezifisches Minimum der Temperatur für eine bestimmte Pflanze existiert nicht, der Todespunkt kann nach Willkür durch das Einführen größerer oder kleinerer Quantitäten von Schutzstoffen geändert werden.

Im Zusammenhang damit tritt unwillkürlich die Frage auf, ob man — im Vergleich zu *Tradescantia* — die größere Widerstandsfähigkeit des Kohles, die unter natürlichen Bedingungen beobachtet wird, durch die größere Quantität Zucker oder irgendeines anderen Schutzstoffes erklären kann. Zur Lösung dieser Frage versuchte ich, die Kälteresistenz des Kohles zu erniedrigen, indem ich die Schnitte längere Zeit auf Wasser schwimmen ließ. Vorläufig kam ich zu der Überzeugung, daß solch ein langes Aufhalten auf Wasser die Schnitte keineswegs zum Absterben bringt. Bei meinen Experimenten blieben die Kohlschnitte 20—30 Tage auf Wasser ohne irgend welche Todessymptome zu zeigen und ohne ihr Pigment zu verlieren. Unterdessen mußten sie aber fast allen Zucker, der sich in den Zellen befand, verloren haben — teils durch Diffusion, teils in Folge der Atmung. In Zusammenhang damit ist auch die Kälteresistenz, wie es die Tabelle III angibt, beträchtlich gefallen.

Tabelle III. Rotkohl. Wasser.

Zeit / t °	1/2 Stunde	9 Tage	12 Tage	9 Tage auf Wasser 12 Std. auf 1/2 n-Glukose
— 2,9 °	leb.	1/2 leb.	tot	leb
— 5,8 °	1/4 leb.	tot	tot	leb.
— 7,8 °	tot	tot	tot	leb.
— 11,1 °	tot	tot	tot	leb.

Nach 9 Tagen Aufenthalt auf Wasser sank die Widerstandsfähigkeit des Kohles fast auf die Hälfte, nach 12 Tagen noch weiter. Es genügte aber, wie es die letzte Kolonne angibt, in den Rotkohl, der seine ursprüngliche Widerstandsfähigkeit durch langes Verweilen auf Wasser verloren hat, eine beträchtliche Quantität Zucker einzuführen, und die Widerstandsfähigkeit der so behandelten Schnitte wird nicht im mindesten der Widerstandsfähigkeit der frisch präparierten Schnitte, die ebenso lange auf ebensolcher Lösung gehalten wurden, etwas nachgeben.

Das Erforschen der Schutzwirkung des Zuckers gibt uns auch auf die zweite am Anfang der Arbeit gestellte Frage eine bestimmte Antwort. Einen bestimmten Zusammenhang zwischen der Gefrierpunktserniedrigung und der Kälteresistenzerhöhung finden wir nicht. Diese beiden Größen verändern sich durch Konzentrationserhöhung im gleichen Sinne, die Schutzwirkung wächst aber bedeutend rascher als die Depression. Dies war schon von LIDFORSS, von mir und von BARTETZKO gezeigt, dennoch halte ich es nicht für überflüssig, noch einmal diesen Umstand zu be-

handeln, da er als Schlüssel zur Lösung der Frage über die Schutzwirkung im allgemeinen dienen kann. Indem sich LIDFORSS an die bekannte GORKEsche (12) Theorie anschließt, laut welcher der Kältetod eine Folge des Aussalzens der Eiweißkörper ist, sucht er die Schutzwirkung des Zuckers durch die Fähigkeit desselben zu zu erklären, die Aussalzung oder mindestens die nach ihm folgende Denaturierung zu paralysieren. Zur Bestätigung seiner Ansicht weist LIDFORSS nicht nur auf die in der Kolloidchemie bekannte Schutzwirkung der Zucker und anderer organischer Nichtelektrolyten hin, die bei dem Gerinnen und Aussalzen der Eiweißstoffe beobachtet wird, sondern er führt einige Experimente an, die das Gefrieren der Hühnereiweißlösung in Gegenwart der Salze behandeln. Wenn man hier keinen Zucker hinzufügt, so bildet sich ein nicht wieder auflösbarer Niederschlag, der Zuckerzusatz verhindert aber solch eine Ausfällung (3, S. 54 und folg.). SCHAFFNIT wiederholte und bestätigte in seiner Arbeit die Experimente von LIDFORSS (11, S. 105 und folg.). Dessenungeachtet behauptet er, die Schutzwirkung des Zuckers sei von einer geringen Bedeutung.

In seinen Untersuchungen über das Erfrieren der Schimmelpilze hat sich BARTETZKO (5, S. 96) an die Ansichten von LIDFORSS nicht angeschlossen. Er fand, daß die Schutzwirkung nicht bloß den Zuckerlösungen eigen ist, sondern in gleichem Maße auch den isotonischen Glycerinlösungen und ebenso KNO_3 und $NaNO_3$. Die zwei letzten Salze müßten eigentlich nach der Theorie von GORKE die Kälteresistenz der Pflanzen nicht erhöhen, sondern eher erniedrigen. Übrigens, wenn man sich die Resultate von BARTETZKO überlegt, muß man unbedingt das in Betracht ziehen (worauf eigentlich dieser Forscher selbst hinweist), daß die auf konzentrierten Lösungen verschiedener Stoffe kultivierten Schimmelpilze in sich eine beträchtliche Quantität osmotisch wirkender Stoffe speichern, die qualitativ der Beschaffenheit der umgebenden Flüssigkeit gar nicht ähnlich sind[1]). Die Voraussetzung, daß auf isotonischen Lösungen so verschiedener Stoffe wie Zucker und Salpeter, die Schimmelpilze gleiche Quantitäten von ein und demselben Stoffe produzieren und dadurch eine gleiche Kälteresistenz erlangen, ist sehr wahrscheinlich.

Die höheren Pflanzen stellen auch in dieser Beziehung ein günstigeres Objekt dar, weil sie nicht die Fähigkeit besitzen, ihren

1) S. ESCHENHAGEN, Über den Einfluß von Lösungen verschiedener Konzentration auf das Wachstum der Schimmelpilze. Diss. Leipzig, 1889. MAYENBURG, Jahrbücher f. wiss. Bot, Bd. 32, 1901, S. 381.

Turgor in solchem Maße zu regulieren. Deshalb beschloß ich, meine besondere Aufmerksamkeit auf das vergleichende Studium der Schutzwirkungen verschiedener Stoffe zu legen und halte diese Frage für besonders wichtig nicht nur zur Aufklärung der Natur der Schutzwirkung, sondern auch für die Theorie des Erfrierens im allgemeinen. Darum benutzte ich möglichst verschiedene Gruppen von Stoffen zur Untersuchung der Schutzwirkung; in die erste Reihe stellte ich die organischen Stoffe von neutralem Charakter wie Kohlehydrate, Alkohole, Ketone, dann anorganische Salze und endlich Salze organischer Säuren.

Die Schutzwirkung eines Vertreters der Gruppe des Zuckers — der Glukose — ist uns bekannt. Da es aus den Experimenten von LIDFORSS (3, S. 40—43) schon bekannt ist, daß eine ähnliche Schutzwirkung auch die anderen Zuckerarten ausüben, so hielt ich es nicht für notwendig, auch andere Zucker eingehend zu untersuchen. Ich stellte nur einige Versuche mit Saccharose an, welche zeigten, daß ihre Wirkung auf den Rotkohl ebenso auch auf *Tradescantia* sich fast gar nicht von der Wirkung der isotonischen Lösungen der Glukose unterscheidet.

Von größerem Interesse schien mir das Studium der Schutzwirkung der Alkohole zu sein. Bis jetzt existieren für dieselbe nur Angaben über Glycerin, dessen Schutzwirkung BARTETZKO (5) gleich der Schutzwirkung der isotonischen Zuckerlösungen schätzt. Die Untersuchung der Alkohole hat aber den Vorzug, daß diese Stoffe leicht und rasch in das Plasma eindringen, und es genügt für diesen Zweck, die Schnitte 2–3 Stunden auf der Lösung zu halten; um dasselbe aber mit Zuckerlösungen zu erreichen, braucht man mindestens 12–16 Stunden. Außerdem ist man beim Einführen von Alkohol auch sicher, daß man unmittelbar seine Wirkung untersucht und nicht die Wirkung der schon vorher in der Zelle vorhandenen Stoffe, deren Konzentration infolge der Plasmolyse erhöht worden ist. Meine Resultate mit Glycerin stimmen nicht ganz mit denen von BARTETZKO überein. An und für sich ist die Schutzwirkung dieses Stoffes viel schwächer als die der Glukose.

Tabelle IV. Rotkohl. Glycerin.

Konz. / t°	2 n	1 n	1/2 n	1/6 n	1/8 n	1/16 n	Wasser
— 5,8°	—	—	leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8°	—	leb.	leb.	3/4 leb.	1/4 leb.	einzeln. leb.	tot
— 11,1°	leb.	leb.	leb.	1/2 leb.	1/4 leb.	tot	—
— 17,3°	1/2 leb.	1/3 leb.	einzeln. leb.	tot	tot	—	—
— 22°	1/4 leb.	einzeln. leb.	tot	—	—	—	—

Von den einwertigen Alkoholen konnte ich nur zwei gebrauchen, nämlich den Methylalkohol und den Äthylalkohol. Die höheren Glieder der Reihe sind schon in verhältnismäßig kleinen Konzentrationen giftig und darum für unsere Experimente untauglich. Die Experimente bewiesen, daß auch die einwertigen Alkohole eine ansehnliche Schutzwirkung besitzen; dabei ist zu bemerken, daß die Wirkung von Äthylalkohol etwas schwächer ist als die des Methylalkohols; das steht vielleicht im Zusammenhang mit seiner etwas größeren Giftigkeit. Die zwei folgenden Tabellen zeigen die Wirkung dieser Alkohole auf den Rotkohl:

Tabelle V. Rotkohl. CH_3OH.

Konz. / t°	2 n	1 n	1/2 n	1/4 n	1/8 n	Wasser
— 5,8°	—	leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8°	leb.	leb.	leb.	einzeln. leb.	tot	tot
— 11,1°	leb.	leb.	1/2 leb.	einzeln. leb.	tot	tot
— 17,3°	einzeln. leb.	tot	tot	—	—	—

Tabelle VI. Rotkohl. C_2H_5OH.

Konz. / t°	2 n	1 n	1/2 n	1/4 n	1/3 n	Wasser
— 5,8°	—	leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8°	leb.	leb.	1/2 leb.	1/4 leb.	tot	tot
— 11,8°	einzeln. leb.	tot	tot	tot	tot	tot
— 17,3°	tot	tot	tot	—	—	—

Die Fähigkeit der Alkohole, außerordentlich rasch in das Plasma einzudringen und ebenso rasch aus demselben herausgespült zu werden, gibt uns die Möglichkeit, mit ihnen Kontrollversuche aufzustellen, die uns beweisen, daß ihre Schutzwirkung nur so lange dauert, wie diese Stoffe sich wirklich in der Zelle befinden. Die Wirkung hört sofort auf, wenn der Alkohol entfernt wird. Um dies zu beweisen, stellte ich folgenden Versuch an: Die Hälfte der Kohlschnitte, die sich in Glycerin- oder Methylalkohollösungen einige Stunden befanden und darum eine bedeutende Kälteresistenz erwarben, ließ ich, wie gewöhnlich, auf den Lösungen gefrieren, die andere Hälfte aber wurde vor dem Gefrieren 2 bis 3 Stunden auf dem Wasser gehalten. Nach dem Auftauen zeigte es sich, daß der Aufenthalt während einiger Stunden auf Wasser die neuerworbene Kälteresistenz spurlos verschwinden ließ, und die Schnitte unterschieden sich gar nicht von den Kontrollschnitten, welche die ganze Zeit auf Wasser lagen. Die folgende Tabelle enthält die Resultate eines solchen Experimentes.

Tabelle VII. Rotkohl. Glycerin.

	16 Stunden auf Lösungen			12 Stunden auf Lösungen und 4 Stunden auf Wasser			16 Stunden Wasser
t °	1 n	1/2 n	1/4 n	1 n	1/2 n	1/4 n	
— 5,8 °	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.	1/4 leb.	1/4 leb.	1/4 leb.
— 7,8 °	leb.	leb.	leb.	tot	einzeln. leb.	tot	tot
— 11,1 °	leb.	leb.	3/4 leb.	tot	tot	tot	tot

Von den mehrwertigen Alkoholen wurde außer Glycerin noch Mannit untersucht. Dieser sechswertige Alkohol steht seiner Zusammensetzung nach und seiner vielen physiologischen Eigenschaften, z. B. des Nährwerts wegen, den Kohlehydraten nahe, und man konnte erwarten, daß seine Schutzwirkung nicht geringer oder bloß etwas kleiner als die der Zucker sein würde. Das Experiment hat es aber nicht bestätigt. Mannit konnte nur sehr wenig die Kälteresistenz erhöhen.

Tabelle VIII. Rotkohl. Mannit.

Konz. / t °	1 n	1/2 n	1/4 n	1/8 n	Wasser
— 5,8 °	leb.	3/4 leb.	3/4 leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8 °	1/2 leb	1/2 leb.	1/4 leb.	1/4 leb.	tot
— 11,1 °	einzeln. leb	tot	tot	tot	tot
— 17,3 °	tot	tot	tot	tot	—

Es war von großem Interesse, zu untersuchen, ob Mannit nicht bei höheren Temperaturen schützend wirkt; dazu mußte man die Experimente mit empfindlicheren Pflanzen anstellen, nämlich mit *Tradescantia*. In der Tat zeigte es sich, daß auch Mannit als Schutzmittel wirken kann, aber nur in sehr geringen Temperaturgrenzen.

Tabelle IX. *Tradescantia*. Mannit.

Konz. / t °	1 n	1/2 n	1/4 n	1/8 n	Wasser
— 1,6 °	leb.	leb.	leb.	1/2 leb.	tot
— 2,9 °	leb.	leb.	3/4 leb.	1/4 leb.	tot
— 5,8 °	1/4 leb.	tot	tot	tot	—
— 7,8 °	einzeln. leb.	tot	tot	—	—

Aus der Tabelle ersieht man, daß bei geringem Frost (— 1,6 ° bis — 2,9 °) die Schutzwirkung des Mannits der Wirkung der Glukose nichts nachgibt; aber bei weiterem Sinken der Temperatur verschwindet diese Wirkung. Diesen plötzlichen Umschlag in der Schutzwirkung von Mannit kann man, wie mir scheint, durch

den Umstand erklären, daß dieser sechswertige Alkohol verhältnismäßig wenig in Wasser löslich ist (schon die normale Lösung scheint bei Zimmertemperatur etwas übersättigt zu sein). Mit dem Sinken der Temperatur fällt seine Löslichkeit noch weiter, und schon bei — 1,4 ° (nach meinen Bestimmungen) liegt sein eutektischer Punkt, und die Lösung erstarrt vollständig. Und zugleich verschwindet auch die Schutzwirkung des Mannits. Der Umstand, daß die Schutzwirkung auch noch bei — 2,9 ° beobachtet wird, erklärt sich vielleicht daraus, daß die Kristallisation des Mannits bei Gegenwart von Kolloidstoffen im Plasma langsamer erfolgt.

Die Experimente mit den Alkoholen geben uns also einige Hinweise in bezug auf die Natur der Schutzwirkung selbst. Als Schutzmittel können nur die Stoffe angesehen werden, die einen niedrig liegenden Kryohydratpunkt haben und fähig sind, einen Teil des Wassers auch bei großem Frost flüssig zu erhalten. Dabei scheint die Schutzwirkung verschiedener Vertreter der Alkoholgruppe verschieden zu sein, und nicht selten wird die Schutzwirkung sogar in den Fällen beobachtet, in denen eine bestimmte Konzentration, wie z. B. 2 n-Lösung von C_2H_5OH, bei andauernder Behandlung giftig wirkt.

Von anderen in die Zelle leicht eindringenden neutralen Stoffen untersuchte ich Aceton und Äthylurethan. Die Wirkung des Acetons stimmte vollständig mit der Wirkung der einwertigen Alkohole überein. Negative Resultate gab Urethan, dessen $^1/_2$ n-Lösung im Laufe einiger Tage vom roten Kohl noch gut vertragen wird. Alle Schnitte, die auf $^1/_2$ n-, $^1/_4$ n- und $^1/_8$ n-Lösungen dieses Narkotikums gehalten wurden, waren bei — 5,8 ° C schon abgestorben, während in den Kontrollschnitten ein Viertel der Zellen am Leben blieben. Hier treffen wir zum erstenmal einen Stoff an, der die Kälteresistenz nicht erhöht, sondern erniedrigt.

Meine Experimente mit den Salzen, die noch nicht ganz zu Ende gebracht sind, und auch den allgemeinen Überblick über die Natur der Schutzwirkung beabsichtige ich in einem anderen Artikel mitzuteilen. Vorläufig halte ich es nicht für überflüssig, die schon erhaltenen Resultate zusammenzufassen:

1. Das Einführen organischer Stoffe von neutralem Charakter (Kohlehydrate, Alkohole, Aceton) in die Pflanzenzelle kann die Kälteresistenz beträchtlich erhöhen, und diese Resistenzerhöhung kann nicht nur bei den Pflanzen gemäßigten Klimas, sondern auch bei tropischen Pflanzen erzielt werden.

2. Die Schutzwirkung steht nicht in direktem Zusammenhang mit dem osmotischem Druck und der Gefrierpunktserniedrigung;

mit der Konzentrationserhöhung des Schutzstoffes wächst die Kälteresistenz bedeutend rascher als die Depression.

3. Verschiedene Stoffe besitzen die Schutzwirkung in verschiedenem Grade: an den Anfang der Reihe muß man die Zuckerarten stellen, dann Glycerin, die einwertigen Alkohole und Aceton; Mannit, dessen Lösungen einen hohen eutektischen Punkt besitzen, ist ein sehr schwaches Schutzmittel.

4. Die Entfernung künstlich eingeführter Schutzstoffe aus der Zelle läßt die Kälteresistenz im ursprünglichen Zustande erscheinen. Solch ein Fallen der Kälteresistenz kann man auch bei den von Natur widerstandsfähigen Pflanzenzellen hervorrufen, indem man sie längere Zeit auf Wasser liegen läßt.

Zitierte Literatur.

1. Molisch, H., Das Erfrieren der Pflanzen. Vortrag. Wien 1911.
2. Buhlert, Landwirtsch. Jahrbücher, Bd. 35, 1906, S. 837.
3. Lidforss, B., Die wintergrüne Flora. Lunds Universitets Årskrift, N. F., Bd. 2, Afd. 2, 1907.
4. Maximow, N. A., Travaux d. l. Soc. d. Natur. de St.-Pétersbourg, Vol. 37, livr. 3, 1908, p. 32 (russisch).
5. Bartetzko, H., Jahrb. f. wiss. Botanik, Bd. 47, 1909, S. 57.
6. Richter, A. A., Centralbl. f. Bacter., II. Abt., Bd. 28, 1910, S. 617.
7. Mez, C., Flora, Bd. 94, 1905, S. 89.
8. Apelt, A., Beitr. z. Biol. d. Pfl., Bd. IX, 1907, S. 215.
9. Rein, R., Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. 80. 1908, S. 1.
10. Voigtländer, H., Beiträge z. Biol. d. Pfl., Bd. IX, 1909, S. 359.
11. Schaffnit, E., Mit. d. K.-Wilhelm-Inst. f. Landw. in Bromberg, Bd. III, 1910, S. 93.
12. Gorke, H., Landw. Versuchs-Stationen, Bd. 65, 1906, S. 149.

Botanisches Laboratorium d. K. Forstinstituts St. Petersburg.

8. Emmy Stein: Bemerkungen zu der Arbeit von Molisch: „Das Offen- und Geschlossensein der Spaltöffnungen veranschaulicht durch eine neue Methode[1])."

(Eingegangen am 11. Februar 1912)

Das Erscheinen der obengenannten Arbeit ist die Veranlassung zur folgenden vorläufigen Mitteilung.

Das von MOLISCH beschriebene Infiltrationsverfahren, welches durch kapillares Eindringen resp. Nichteindringen von Flüssigkeiten durch die Stomata in die Blattinterzellularen auf das Offen- oder Verengtsein der ersteren schließt, wurde auch von Professor STAHL gefunden und wird im hiesigen Botanischen Institut seit Herbst 1910 angewendet.

Ich selbst begann als Praktikantin einige diesbezügliche Versuche im Sommersemester 1911, über die einige Worte folgen mögen.

Die Zahl der für genannten Zweck geeigneten Flüssigkeiten ist ohne Zweifel eine sehr große. Als solche, mit denen Versuche gemacht wurden, und die sich als unter Umständen brauchbar erwiesen, seien zunächst folgende genannt: Benzol, Toluol, Xylol, Äthyläther, Chloroform, absol. Alkohol, Lavendel- und Zitronenöl, sowie Petroläther, Petroleum und Paraffinum liquidum.

Während MOLISCH bei seinen Versuchen Alkohol zum Nachweis weiter geöffneter Spalten, Benzol und Xylol für geringere Öffnungsweiten benutzt, erwiesen sich bei uns die oben zuletzt genannten Kohlenwasserstoffe verschiedenen Siedepunkts als besonders gut verwendbar. Die Reihe: Petroläther[2]), Petroleum, Paraffinum liq. bietet den Vorteil, daß sie infolge ihrer verschiedenartigen Viskosität die Öffnung der Spalten in drei Abstufungen beobachtbar macht und zwar in nachstehender Weise: Dringt Paraffinum liq. ein, so ist das ein Zeichen dafür, daß außerordentlich weit geöffnete Stomata vorhanden sind. Versagt dieses aber, und man sieht, daß bei der nun folgenden Probe Petroleum in

1) Zeitschrift für Botanik IV, 2 S. 106.

2) Es handelt sich stets um die hier unter obigem Namen im Handel erhältlichen Destillate, deren Siedepunkt noch zu bestimmen ist.

den Interzellularen sichtbar wird, so ist die Öffnung eine mittlere. Petroläther endlich dringt noch durch stärker verengte Spaltöffnungen, so daß man auf eine weitgehende Reduktion des stomatären Gasaustausches und der Transpiration schließen darf, wenn auch hier keine Infiltration des Gewebes mehr erfolgt.

Ich vermeide hier einstweilen, von geschlossenen Spaltöffnungen zu reden, behalte mir aber vor, die bei der Infiltrationsmethode gegebenen Beobachtungsgrenzen noch mittels des DARWINschen Porometers genauer zu bestimmen. Es ist die Frage, ob man die Stomata „praktisch genommen als geschlossen" betrachten kann, wenn ein kapillares Eindringen leichtbeweglicher Flüssigkeiten nicht mehr erfolgt, oder ob nicht doch noch ein Gasaustausch in einem für die Pflanze nicht unwesentlichen Grade möglich ist. Ist ersteres der Fall, so bedeutet das für die Methode einen wesentlich höheren Grad an Genauigkeit.

Die Grenzen der Untersuchungsmöglichkeit liegen bei den oben genannten Stoffen jedenfalls weiter auseinander als bei den von MOLISCH verwendeten. Paraffinum liq. dringt längst nicht in alle Spaltöffnungen, die für absoluten Alkohol geöffnet sind, während Petroläther noch den Weg in die Interzellularen findet, wenn diese für Benzol und Xylol nicht mehr zugänglich sind. — Erwähnt sei allerdings, daß die für ein Eindringen von Paraffinum liq. nötige Spaltweite nicht von den Schließzellen aller Pflanzen erreicht wird.

Ein weiterer Vorteil unserer Flüssigkeiten ist der, daß durch sie die Epidermis und mit ihr die tiefer liegenden Gewebe weit weniger geschädigt werden, im Falle keine Filtration erfolgt. Selbst gegen Petroläther erweist sich die Oberhaut resp. ihre Kutikula viel widerstandsfähiger als gegen Benzol und Xylol. In bezug hierauf wurden im Sommer Proben an der spaltöffnungslosen Oberseite zarter Blätter gemacht. Diese blieben stets unversehrt, während — wie ja auch MOLISCH angibt — Benzol und Xylol in vielen Fällen das Gewebe töteten. Um zu beweisen, daß nicht nur die leichtere Verdunstung des Petroläthers und sein dadurch nur kürzeres Einwirken die geringere Epidermisschädigung bedingt, wurde folgende Probe gemacht: Glasglöckchen, die oben mit einer kleinen Öffnung versehen waren, wurden mittels Gelatine auf der Blattoberseite von *Plectranthus frutic.* befestigt. Die Flüssigkeitsproben wurden eingetropft und die Glöckchen geschlossen. Nach ungefähr drei Minuten trat bei Benzol und Xylol eine Bräunung des Gewebes ein, während das Blatt unter der Schicht von Petroläther nach fünf Stunden noch unversehrt aussah.

Die erwähnte Flüchtigkeit des Petroläthers ist übrigens nicht so stark, daß sie den Infiltrationsversuchen hinderlich wäre; es wurden im Gegenteil auch im Freien bei heißem Wetter stets gute Erfolge erzielt.

Die Anwendung der Methode geschah genau in der von Molisch angegebenen Weise durch Auftragen eines Flüssigkeitstropfens aus einem Stiftfläschchen auf die zu untersuchende Blattfläche. In der Beobachtung ist hier wohl zu unterscheiden zwischen augenblicklichem Eindringen und einem nachträglichen Ausbreiten in den Interzellularräumen. Es gibt Blätter, die in den Stunden der Maximalöffnung sofort nach Auftragen des Tropfens in dessen ganzem Umkreis einen dunklen Fleck zeigen, während der etwa bei sinkender Sonne wiederholte Versuch zunächst nur getrennte Fleckchen oder Punkte sichtbar macht, ein Zeichen, daß die Spaltöffnungen verengt sind und nunmehr nur noch an einzelnen Stellen die für das Eindringen der Flüssigkeit nötige Weite besitzen.

Der Wert des Infiltrationsverfahrens besteht darin, daß es mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand an Zeit und Mühe eine große Anzahl von Untersuchungen zuläßt und somit imstande sein wird, einen Überblick über die wesentlichsten Stomatabewegungen von Familien oder biologischen Gruppen zu geben, sowie die der Blätter im allgemeinen unter verschiedenen Bedingungen zu verfolgen.

Einige die Methode betreffende Einzelheiten, sowie die mit ihr gewonnenen Ergebnisse behalte ich mir für eine ausführlichere Arbeit vor, ebenso eine Reihe von Untersuchungen mit dem Darwinschen Porometer, die ich im Lauf des Sommers abzuschließen hoffe.

Jena, Botanisches Institut, Februar 1912.

9. O. Treboux: Die freilebende Alge und die Gonidie Cystococcus humicola in bezug auf die Flechtensymbiose.

(Eingegangen am 17. Februar 1912.)

Seitdem die Flechten als aus Pilz und Alge zusammengesetzte Pflanzen betrachtet werden, ist das Verhältnis der beiden Komponenten zueinander bald als Parasitismus, bald als mutualistische Symbiose gedeutet worden. Mit Vorliebe wurde es als mutualistische Symbiose hingestellt und galt überhaupt als bestes Beispiel einer solchen im Pflanzenreiche. Ausschlaggebend für diese Auffassung waren wohl besonders die mannigfachen nahen Beziehungen zwischen Gonidie und Pilz, wie sie im Aufbau, in der Entwicklungsgeschichte und Biologie der Flechten zum Ausdruck kommen. In ernährungsphysiologischer Hinsicht sollte das symbiotische Verhältnis darin bestehen, daß der Pilz die organische Nahrung (den Kohlenstoff) von der Alge erhalte, wofür er diese mit Wasser und den anorganischen Nährsalzen versorge.

War es einerseits verständlich, daß der Flechtenpilz als chlorophyllfreie Pflanze seine organische Nahrung ausschließlich oder doch zum größten Teil von der Alge bezieht, so erschien andererseits die Alge auf den Gegendienst des Pilzes, Zufuhr von Wasser und Nährsalzen, weniger angewiesen. Berechtigt war die Frage, ob diese und außerdem das Licht der freilebenden Alge nicht viel reichlicher zur Verfügung stehen.

Als wesentliche Stütze für die Vorstellung einer mutualistischen Symbiose mußten daher die Beobachtungen Beijerincks[1]) über die Ernährung von Algen erscheinen. Darnach wären einige Algen „Pepton-Kohlenstofforganismen“ in dem Sinne, daß sie als Stickstoffquelle die Zuführung von Proteinstoffen benötigen. Unter diesen Algen sollte sich auch die aus *Physcia (Xanthoria) parietina* isolierte *Cystococcus humicola* Näg. befinden, die am Aufbau der meisten Flechten teilnimmt. Jetzt konnte man mit Beijerinck den Vorteil, welchen die Alge in der Symbiose findet, darin erblicken, daß sie vom Pilze mit dem erforderlichen „Pepton“ versorgt werde, während sie diesen oder ähnliche Stoffe in der freien Natur meist nur in Spuren antreffen dürfte.

1) M. Beijerinck, Botanische Zeitung, 48. Jahrg., 1890, S. 725.

Eine weitere Vertiefung in dieser Richtung bedeutete alsdann die von ARTARI[1]) aufgeworfene interessante Fragestellung: besteht ein Unterschied im ernährungsphysiologischen Verhalten der Gonodie im Vergleich zu dem der freilebenden Alge[2])? Hat sich, mit anderen Worten, die Alge im Zusammenleben mit dem Pilze im Laufe der Zeit an eine bestimmte Nahrung gewöhnt, anderer ihr früher zugänglicher Nährstoffe entwöhnt, und zeigt sie jetzt als Gonidie erblich gewordene Unterschiede in ihren ernährungsphysiologischen Eigenschaften gegenüber der freilebenden Alge? Ausgehend von den Kulturversuchen BEIJERINCKs, war vor allem daran zu denken, daß zwar die Gonidienanlage ein „Pepton-Kohlenstofforganismus" sei, die freilebende Alge aber auch andere Stickstoffquellen verwerte oder sogar vorziehe. Es war ohnehin wenig wahrscheinlich, daß die freilebende Alge „Pepton" in genügender Menge für ihr Gedeihen in der Natur vorfinde[3]).

Einen solchen Unterschied im Verhalten der freilebenden Alge und der Gonidie gegenüber den verschiedenen Stickstoffquellen glaubte nun ARTARI in der Tat nachgewiesen zu haben. Das war ein Befund, um den einem Gegner der mutualistischen Symbiose schwerlich herumzukommen war, denn er deutete mit größter Wahrscheinlichkeit darauf hin, daß die Gonidie vom Flechtenpilze für die gelieferte Kohlenstoffquelle „Pepton" erhalte. Die Symbiose war also jetzt auch in ernährungsphysiologischer Hinsicht perfekt. Für den Begriff der mutualistischen Symbiose, nicht nur für den entgegengesetzten, den des Parasitismus, ist diese Seite der Frage doch wohl die wesentlichste. Infolgedessen findet die Auffassung von einer mutualistischen Symbiose der Flechtenkomponenten fast allgemeinen Anklang.

Demgegenüber möchte ich gleich darauf hinweisen, daß die Gonidienalge *Cystococcus humicola* kein „Pepton-Kohlenstofforganismus" ist (auch nicht in dem Sinne, daß sie „Pepton" allen anderen Stickstoffquellen vorzieht), und daß die freilebende Alge in ihren ernährungsphysiologischen Eigenschaften sich von der Gonidienalge durch nichts unterscheidet.

---

1) Schon VAN TIEGHEM führt aus, wie für die Aufstellung des Begriffes „reciproker Parasitismus" die Versorgung der Alge mit Eiweißstoffen von seiten des Flechtenpilzes vorausgesetzt werden muß Bulletin de la Société botanique de France, Bd. XXI, 1874, S. 349—350.

2) A. ARTARI, Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, Bd. XX, 1902, S. 172.

3) BEIJERINCK setzte voraus, daß auch die freilebende Alge „Pepton" bedarf (a. a. O., S. 766).

Auf Grund der Kulturversuche BEIJERINCKs kann nur so lange von der Notwendigkeit einer Versorgung der Gonidie mit „Pepton“ durch den Flechtenpilz die Rede sein, als die Tatsache bestehen bleibt, daß die Gonidienalge ohne Pepton nicht auskommen kann. Sobald gezeigt werden konnte, daß die Gonidienalge auch mit anderen, z. B. anorganischen, Stickstoffquellen vorzüglich gedeiht, konnte die Stickstoffversorgung der Gonidie mit Pepton seitens des Flechtenpilzes nur noch als eine mehr oder weniger wahrscheinliche Voraussetzung betrachtet werden, zu deren Gunsten dann erst das Beweismaterial zu erbringen wäre.

BEIJERINCK bezeichnete folgende Algen als Pepton-Kohlenstofforganismen: *Scenedesmus acutus* Meyen, *Chlorella vulgaris* Beij., *Chlorosphaera limicola* Beij. und *Cystococcus humicola* aus *Xanthoria parietina*. In der Folgezeit wurden wiederholt Tatsachen mitgeteilt, welche die Beobachtungen BEIJERINCKs vervollständigen. Für *Scenedesmus acutus* fand KLEBS[1]), daß er in rein organischer nitrathaltiger Nährlösung vorzüglich gedeiht. Dies bestätigten SENN[2]) und GRINTZESCO[3]). Die Ernährung mit Nitraten resp. Ammoniumsalzen wurde festgestellt für *Chlorella vulgaris* von KOSSOWITSCH[4]), KRÜGER und SCHNEIDEWIND[5]), GRINTZESCO[6]) und anderen; für *Xanthoria*-Gonidien von BEIJERINCK[7]), ARTARI[8]), KRÜGER und SCHNEIDEWIND (a. a. O. S. 798). Entsprechende Angaben für die genannten Arten habe auch ich gemacht[9]). Diese Zitate machen keinen Anspruch auf Vollzähligkeit; sie sollen nur darauf hin-

1) G. KLEBS, Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen, 1896, S. 183.

2) G. SENN, Botanische Zeitung, 57. Jahrg., 1899, S. 71.

3) J. GRINTZESCO, Bulletin de l'Herbier Boissier, 2 sér. 1902, Nr. 3.

4) P. KOSSOWITSCH, Botanische Zeitung, 52. Jahrg, 1884. Die untersuchte Alge ist identisch mit *Chlorella vulgaris* Beij, die ebenfalls ein Pyrenoid besitzt.

5) W. KRÜGER und W. SCHNEIDEWIND, Landwirtschaftliche Jahrbücher, Bd. XXIX, 1900.

6) J. GRINTZESCO, Revue générale de Botanique, Bd. 15, 1903, S. 16.

7) M. BEIJERINCK, Centralblatt für Bakteriologie u. Parasitenkunde, Bd. 13, 1893, S. 368. Daß die angewandte anorganische ammoniumnitrathaltige Nährlösung im Vergleich zu Nährböden mit Malzextrakt nur ein langsames Wachstum gestattet, erklärt sich gutenteils durch den Mangel einer das Wachstum fördernden Kohlenstoffquelle, wie es der Zucker der Malzextraktnährböden ist.

8) A. ARTARI, Bulletin de la Société Imp. des Naturalistes de Moscou, 1899, S. 39.

9) Berichte d. Deutschen Botanischen Gesellschaft, Bd. XXIII, 1905, S. 432.

weisen, daß die von BEIJERINCK untersuchten Algen nicht weiter als „Pepton-Kohlenstofforganismen" hingestellt werden können, worauf es uns hier ankam.

Es werden die besprochenen Algen aber auch häufig als Peptonorganismen bezeichnet, um auszudrücken, daß für sie Pepton eine bessere Stickstoffquelle ist als es die übrigen organischen und anorganischen Stickstoffverbindungen sind. Mit demselben Namen hatte BEIJERINCK eine ganz andere Gruppe von Organismen belegt. BEIJERINCKs Peptonorganismen können nur mit Pepton fortkommen, welches ihnen außer als Stickstoff- zugleich als Kohlenstoffquelle dient, wogegen die Pepton-Kohlenstofforganismen neben Pepton eine besondere Kohlenstoffquelle erfordern, z. B. Zucker oder auch Kohlensäure. Mir scheint es wünschenswert, daß diese verschiedenen Begriffe in Zukunft auseinandergehalten werden, um so mehr, als die gleichlautende Bezeichnung schon in einigen Fällen zu Mißverständnissen geführt hat.

Übrigens bevorzugen unsere Algen gar nicht Pepton vor allen übrigen Stickstoffverbindungen. In bezug auf *Scenedesmus acutus* (a. a. O. S. 270) und *Chlorella vulgaris* (a. a. O. S. 69) hat schon GRINTZESCO bewiesen, daß sogar die Nitrate eine bessere Stickstoffquelle als Pepton sind. Außer diesen beiden Algen werden nach meinen Versuchen auch die *Xanthoria-parietina*-Gonidien von Ammoniumsalzen besser als von Pepton mit dem nötigen Stickstoff versorgt. Auf die entgegengesetzte Beobachtung ARTARIs an *Xanthoria*-Gonidien möchte ich an anderem Orte, im Zusammenhang mit der Stickstoffernährung der Algen überhaupt, des näheren eingehen; um so eher als dieser Punkt für die hier besprochenen Fragen nicht wesentlich ist.

Die Widersprüche mit BEIJERINCKs Beobachtungen sind in allen obigen Fällen jedenfalls nicht auf verschiedene physiologische Rassen[1]), mit denen man jetzt so schnell zur Hand ist, zurückzuführen, sondern auf die weitere Ausbildung der Algenreinkultur seit und dank den ersten Versuchen BEIJERINCKs. Überhaupt zeigen die Grünalgen (hier sprechen auch meine sonstigen Erfahrungen mit) in ihrem Verhalten zu verschiedenen Stickstoffquellen dieselbe Beständigkeit wie eine höhere Pflanze. Der einzige scheinbar besser begründete Fall, der damit nicht in Einklang steht — das Vorhandensein der zwei für unseren *Cystococcus humicola* von ARTARI beschriebenen Rassen — erweist sich eben als anfechtbar.

1) Übrigens habe ich zum Vergleich auch mit den entsprechenden Algenarten gearbeitet, die von der früheren Centralstelle für Algenkulturen des Botan. Centralb., also wohl von den Stammkulturen BEIJERINCKs herrührten.

Die Angaben ARTARIs mögen auf den ersten Blick viel Bestechendes haben. Zieht man die Möglichkeit der Entstehung ernährungsphysiologischer Rassen bei Algen in Betracht, so kann man die Bedingungen dazu in der Natur allerdings am ehesten im Zusammenleben der Algen mit dem Flechtenpilze suchen, da die Dauer der Zeiträume für die fortgesetzte Einwirkung des bestimmenden Faktors hier nichts zu wünschen übrig läßt. Voraussetzung bleibt dabei natürlich immer, daß der Alge in der Flechte tatsächlich andere Nährstoffe als im Freien, in unserem Falle also „Pepton" zur Verfügung stehen.

Einige Erwägungen jedoch lassen alsbald das Vorhandensein der zwei vorausgesetzten Rassen von *Cystococcus humicola* als zweifelhaft erscheinen. Obgleich der Flechtenpilz während vieler Generationen mit den Nachkommen ein und derselben Gonidienalge in Verbindung bleiben kann (Vermehrung durch Soredien, unter Ausbildung von Hymenialgonidien, durch Bruchstücke u. a.), geht er in anderen Fällen mit fremden und zwar freilebenden Individuen derselben Algenart neue Verbindungen ein. Denn wenn auch die Soredien für die Mehrzahl selbst der frukticificierenden Flechten das vorherrschende Mittel zur Vermehrung sind, so ist doch durch zahlreiche Beobachtungen, besonders der älteren Flechtenliteratur, das Ergreifen freilebender Algen durch Hyphen zwecks Flechtenbildung in der Natur festgestellt worden. Der frühere skeptische Standpunkt gegenüber diesen Angaben ist nicht mehr berechtigt, nachdem auch experimentell die Verwendung der freilebenden Alge bei der Flechtenbildung durch die von BONNIER mit besonderem Erfolge angestellte Synthese der Flechte *Xanthoria parietina*, gerade für *Cystococcus humicola*, erwiesen worden ist. Es fragt sich nun, ob die Existenz der zwei Rassen mit bezug auf die mutualistische Symbiose noch einen Sinn hat, wenn die Flechte bald eine Pepton, bald eine anorganische Stickstoffquellen vorziehende Alge als Gonidie führt[1]).

Wie schon oben bemerkt, handelt es sich auch gar nicht um zwei Rassen von *Cystococcus humicola*. Die Resultate ARTARIs erklären sich dadurch, daß er mit zwei nicht nur physiologisch, sondern auch morphologisch verschiedenen Algen, mit zwei ver-

1) W. BENECKE (Referat in Botanischer Zeitung, 1902, 12. Dezember) und F. OLTMANNS (Morphologie u. Biologie d. Algen, 2. Bd., 1905, S. 360) entnehmen versehentlich aus ARTARIs Arbeit die Angabe, daß die vermeintlichen Rassen von *Cystococcus humicola* ineinander übergeführt werden könnten.

schiedenen Arten gearbeitet hat. Um das zu verstehen, müssen wir etwas näher auf die Eigenschaften dieser Algen eingehen.

Beijerinck (a. a. O. S. 765) bemerkt, daß er dem Beispiele Bornets und Schwendeners folge, welche die Gonidien von *Xanthoria* als *Cystococcus humicola* Nägeli[1]) bezeichnet haben, obgleich er betonen müsse, daß seiner Ansicht nach Nägeli diesen Namen einer ganz anderen Algenart gegeben habe, welche zu *Chlorosphaera* oder *Endosphaera* gehöre. Dieser Ansicht kann ich mich nur anschließen; indem ich jedoch, nebenbei gesagt, die von Nägeli abgebildete Alge nicht zu *Chlorosphaera*, sondern mit Oltmanns[2]) und anderen zu *Chlorococcum* ziehe, zu welcher Gattung (vgl. Oltmanns) auch die von Beijerinck unter dem Namen *Chlorosphaera limicola* beschriebene Alge gehört.

Wie die meisten Algologen, hat Artari diesem Umstande nicht genügende Beachtung geschenkt. Ausgehend von der vermeintlichen morphologischen Identität der Gonidienalge mit Nägelis *Cystococcus humicola* (und nach Artari sogar mit *Chlorococcum infusionum* Menegh.[3]) isoliert er diese aus dem grünen Überzuge an den Wänden eines Aquariums, in der Meinung, die den Gonidien entsprechende freilebende Alge in Händen zu haben.

Daß hier zwei verschiedene Algenarten vorliegen, davon überzeugt man sich bald durch den Vergleich mit den Gonidien, z. B. von *Xanthoria parietina*. Bei der Unsicherheit in der Systematik der hierher gehörigen Algen sollte man in zweifelhaften Fällen stets die Gonidien berücksichtigen, die immer zur Verfügung stehen. Der hierdurch gegebene sichere Anhaltspunkt bewahrt uns auch davor, auf die verschiedenen sich widersprechenden älteren Angaben eingehen zu müssen und uns darin zu verlieren.

Nägelis *Cystococcus humicola* zeigt, ähnlich anderen *Chlorococcum*arten, ein fast hohlkugelförmiges, mit kreisförmigem Ausschnitt versehenes Chromatophor, welches der Zellwand fast anliegt. Nägeli selbst spricht von einem hohlen Raum im Innern, in bezug auf Figur f. Die Gonidienalge dagegen besitzt ein massives Chromatophor, welches die Mitte der Zelle einnimmt und nur den peripherischen Teil der Zelle freiläßt, wo sich bei *Chlorococcum* gerade das Chromatophor befindet. Die Oberfläche des Chromatophors ist nicht glatt, sondern etwa als runzlich-höckerig

1) C. Nägeli, Gattungen einzelliger Algen, 1849, S. 84—85 u. Taf. III, E.

2) F. Oltmanns, Morphologie und Biologie der Algen, 1. Bd., 1904, S. 171.

3) Berichte d. Deutschen Botanischen Gesellschaft, Bd. XX, 1902, S. 173 und S. 206 Anmerkung.

zu bezeichnen. Im optischen Durchschnitt zeigt daher das Chromatophor einen ganz unregelmäßigen Umriß, welcher aus feinen Ausbuchtungen, Einkerbungen, Zacken usw. besteht. Ein Pyrenoid befindet sich im Innern des Chromatophors, im Zentrum der Zelle, und erscheint infolgedessen, unabhängig von der Lage der Zelle, stets in der Mitte gelegen, wie dies auf allen Abbildungen von Flechtengonidien zu sehen ist. Der Zellkern liegt in einem Ausschnitte des Chromatophors und ist, wenn der Ausschnitt zufällig in den mittleren optischen Durchschnitt fällt, auch ohne Färbungen deutlich zu unterscheiden.

Dieses eigentümliche Chromatophor ist schon BEIJERINCK aufgefallen. Er schreibt mit Recht (a. a. O. S. 782): „Übrigens sind die Gonidien leicht kenntlich an der grünen Färbung des grobkörnigen Protoplasmas, welche im Zentrum der Zelle viel intensiver ist wie an der Peripherie, so daß hier das Chromatophor offenbar entweder nicht der Wand anliegt, sondern zentral ist oder die Zellen ganz erfüllt." Das Gesagte ist auch seinen Abbildungen zu entnehmen, die im übrigen wenig Einzelheiten erkennen lassen. In den mit organischen Verbindungen überfütterten Zellen verdecken die aufgespeicherten Stoffe z. B. das zentrale Pyrenoid, welches sonst immer leicht zu erkennen ist.

Eine Abbildung, aus der die Details im Bau des Chromatophors zu ersehen sind, hat CHODAT[1]) gegeben. Ich würde nicht zögern die abgebildete Alge (nach CHODAT das *Cystococcus*-Stadium von *Pleurococcus vulgaris* Menegh. non Näg. darstellend) als die den *Xanthoria*gonidien entsprechende freilebende Alge zu betrachten, wenn CHODAT dieselbe nicht mit fadenbildenden Formen in Verbindung bringen würde, die mir eine oder mehrere andere selbständige Arten zu sein scheinen. Unter anderem unterscheiden sich diese Formen z. B. dadurch, daß sie Zoosporen mit deutlichen Augenflecken bilden, während unsere Gonidienalge, wie auch BEIJERRINCK hervorhebt, solche an den Zoosporen nicht erkennen läßt. Kürzlich erweiterte CHODAT[2]) unsere Kenntnisse von *Schizogonium radicans* Ktz. durch einen auf Grund von Kulturen aufgestellten Entwickelungscyclus, in welchen er jetzt *Pleurococcus vulgaris* Menegh. non Näg. und *Cystococcus humicola* einschließt. Auch in diese Formenreihe gehört unsere Gonidienalge nicht. Allerdings haben diese Formen ein unregelmäßig-sternförmiges

1) R. CHODAT, Algues vertes de la Suisse, 1902, S. 290, Fig. 193, A—E.

2) R. CHODAT, Etude critique et expérimentale sur le polymorphisme des Algues, 1909, S. 65—74.

Chromatophor, welches mit dem der Gonidienalge einige Ähnlichkeit aufweist, aber nur wenn wir letztere im mittleren optischen Durchschnitt betrachten. Bei wechselnder Einstellung des Mikroskopes zeigen sie, im Gegensatz zum rundlich-massiven Chromatophor der Gonidienalge, ein plattenförmiges, an den Rändern öfters umgebogenes Chromatophor. Diese Unterschiede im Bau der Chromatophoren sind ein beständiges Merkmal. Fadenbildungen habe ich in meinen Kulturen sowohl der *Xanthoria*gonidien als auch der entsprechenden freilebenden Alge bisher nicht bemerkt[1]). Von den in Frage kommenden fadenbildenden Arten unterscheidet sich die Gonidienalge auch dadurch, daß sie keine „echte Zellteilung" sondern ausschließlich „freie Zellbildung" aufweist; die Wände der Tochterzellen setzen nicht an die Wand der Mutterzelle an. Kommen bei *Schizogonium* überhaupt Zoosporen vor?

Das Gesagte möge genügen, um darzutun, daß die Gonidienalge nicht mit *Cystococcus*-Stadien anderer Algen identifiziert werden kann, vielmehr eine selbständige Art ist. Vor den *Chlorococcum*-arten zeichnet sie sich durch das eigentümliche Chromatophor und das Fehlen des Stigmas aus, und ich würde vorschlagen, auch fernerhin den Namen *Cystococcus humicola* beizubehalten, falls dies nicht gegen Nomenklaturregeln verstoßen sollte.

Mit dem Bau der Gonidienalge bekannt, ist es leicht, die entsprechende freilebende Alge in der Natur zu finden. Sie ist eine typische auf Baumstämmen usw. wachsende Luftalge[2]), die ebensowenig wie etwa *Pleurococcus vulgaris* Näg. oder *Trentepohlia umbrina* (Ktz.) Born. spontan in Wasser auftritt. Mit der von ARTARI isolierten Wasseralge *Chlorococcum infusionum* Menegh. hat sie, wie gesagt, nichts zu tun. Im selben Grade wie die isolierten *Xanthoria*-gonidien ist auch die freilebende *Cystococcus humicola* zur Zoosporenbildung wenig geneigt, auch in Nährlösungen, in denen *Chlorococcum*-

1) Dagegen bei *Pleurococcus vulgaris* Näg. = *P. Naegelii* Chod., für welche CHODAT die Fadenbildung nachgewiesen hat, habe ich eine solche in flüssigen Medien häufig beobachten können. Ansätze zur Fadenbildung trifft man auch bei der im Freien auf Baumstämmen wachsenden Alge. Da noch in letzter Zeit die Fähigkeit dieser Alge, kurze Fäden zu bilden, bezweifelt wurde, so war es vielleicht nicht überflüssig, dieselbe nochmals hervorzuheben.

2) *Cystococcus humicola* ist hier (Charkow), trotz der zuzeiten herrschenden großen Trockenheit, sehr verbreitet, und reichen die grünen Überzüge an Baumstämmen, z. B. der Linde und Ulme, bis in die Gipfel hinauf. Nur selten bestehen die Überzüge aus *Pleurococcus vulgaris* Näg. = *P. Naegelii* Chod.; im Norden wird das Verhältnis zum umgekehrten.

arten fast zu jeder Zeit in Zoosporenbildung begriffen sind. Es ist daher ganz begreiflich, daß ARTARI im Vergleich zu den isolierten *Xanthoria*gonidien bei der vermeintlichen entsprechenden freilebenden Rasse reichlichere Zoosporenbildung beobachtete, wenn diese Alge eben *Chlorococcum infusionum* war.

Die freilebende *Cystococcus humicola*, um auf die Frage nach den zwei physiologischen Rassen zurückzukommen, zeigt nun in allen Beziehungen ganz dasselbe Verhalten wie die *Xanthoria*-gonidien. Während zahlreicher Versuche, die im Laufe mehrerer Jahre über die Ernährung der Algen mit verschiedenen Stickstoff- und Kohlenstoffquellen, den Einfluß verschiedener äußerer Bedingungen usw. angestellt wurden, habe ich diesen Punkt stets im Auge gehabt und streng parallele Versuche gemacht. Änderungen im Verhalten zu den Stickstoffquellen ließen sich durch fortgesetzte Kultur nicht erzielen. Sowohl die Gonidienalge, als auch die freilebende, ließen sich mit gleichem Erfolge zur Synthese der Flechte mit dem Flechtenpilze von *Xanthoria parietina* in Reinkultur auf Agar verwenden.

Mit den zwei physiologischen Rassen fällt auch die Veranlassung, vom ernährungsphysiologischen Standpunkt die Flechte als mutualistische Symbiose aufzufassen. Überhaupt lassen sich, allgemein betrachtet, die Verhältnisse ungezwungener als Parasitismus deuten, wenn man, wie wiederholt in der Literatur ausgeführt wurde, berücksichtigt, daß einige Abweichungen vom üblichen Bilde des Parasitismus zustande kommen, indem in der Flechte der Parasit den kleineren Wirt dauernd in sich einschließt. Dagegen können auch die vielen gegenseitigen Beziehungen zwischen Gonidie und Pilz, die im Aufbau, Entwickelungsgeschichte und Biologie der Flechten zutage treten und die dazu geführt haben, die Flechte als eine der chlorophyllführenden Pflanze entsprechende Einheit zu betrachten, nicht geltend gemacht werden. Denn selbst in Fällen typischen Parasitismus reagiert nicht selten der eine Komponent in für den anderen nützlicher Weise (z. B. Gallenbildung). Allerdings sind, wie gesagt, derartige Beziehungen zwischen Pilz und Gonidie ganz besonders häufig. Und wenn die Mannigfaltigkeit der Natur nicht durchaus unter zwei extremen Vorstellungen untergebracht werden muß, so ist es wohl ratsamer, die Erscheinung der Flechte von anderen etwa als Flechtenparasitismus oder als Helotismus zu unterscheiden.

Jedenfalls ist daran festzuhalten, daß die *Cystococcus*-Gonidie im Vergleich zur freilebenden Alge ein kümmerliches Dasein führt. Ich möchte in dieser Hinsicht, in den gesteckten Grenzen

bleibend, wiederum die freilebende Alge mit der Gonidie vergleichen, da ich beide daraufhin dauernd im Auge behalten habe.

Zum Beweise für das Gedeihen der Alge in der Flechte wird häufig darauf hingewiesen, daß die Zellteilungen der Gonidie durch die Berührung mit den Pilzhyphen stark gefördert werden. Diese Beobachtung kann wohl nur für besondere Fälle Geltung haben, z. B., wenn die freilebende, noch immer einen Nährstoffvorrat enthaltende Alge von den Hyphen ergriffen wird. Sie läßt sich anderen ähnlichen Reizwirkungen zur Seite stellen, biologisch sich als ein auch sonst bei Algen verbreitetes Mittel, sich von parasitischen Pilzen zu befreien, deuten. Untersuchen wir dagegen Schnitte von gesunden Strauch- und Laubflechten, auch aus den jüngeren, stärker wachsenden Flechtenteilen, von verschiedenen Standorten und zu verschiedenen Jahreszeiten, so finden wir darin nur vereinzelte in Teilung begriffene Gonidien. Hierzu können auch die Abbildungen von Querschnitten der Flechten mit *Cystococcus-humicola*-Gonidien verglichen werden. Im Gegensatz dazu besteht der grüne Überzug, den die freilebende Alge womöglich auf demselben Baumstamme bildet, aus größtenteils in Teilung begriffenen Zellen. Die Zellen zeigen meist die Anordnung von jungen Tochterzellen, die noch einige Zeit zu einem Komplexe aneinander haften, nachdem die Mutterzellenhaut sie nicht mehr umschließt. Sie sind kleiner und an den Berührungsstellen etwas abgeflacht, und nur vereinzelt kommen zwischen ihnen vollständig ausgewachsene und abgerundete ruhende Zellen vor, die dann von der Größe der Gonidien sind. In Kulturen haben wir ähnliche Bilder. Wächst die Alge einigermaßen, so erinnert sie an die freilebende Alge; sind die Bedingungen ungünstige, so finden nur noch wenige Zellteilungen statt, und die Alge hat sozusagen Zeit, zur maximalen Größe heranzuwachsen.

Daß die Vermehrung der Gonidie im Vergleich zur Alge nur eine sehr geringe ist, läßt sich auch im Freien beobachten. *Cystococcus humicola* gehört, wie auch *Pleurococcus*, *Trentepohlia* u. a. zu den auch in Kulturen langsam wachsenden Luftalgen. Wischt man aber die grünen Überzüge von einem Baumstamme oder Bretterdache ab, so kann man feststellen, daß sich der etwa 1 mm hohe Überzug verhältnismäßig schnell erneuert. Vergleicht man damit den jährlichen Zuwachs einer Flechte, etwa *Xanthoria parietina*, in deren Thallus die Gonidie selbst eine lockere, unterbrochene Schicht aus wenigen Reihen Zellen bildet, so erscheint die Vermehrung der Gonidien verschwindend klein. In der freien Natur werden bei den grünen Überzügen die Algen der oberen

Schicht augenscheinlich von Regen und Wind abgetragen; der trockene Überzug läßt sich zum guten Teil leicht abblasen. Würde sich die Gonidie nur annähernd wie die freie Alge vermehren, so müßte sie alsbald die Flechte sprengen, wie dies etwa bei starker Soredienbildung stattfindet. In betreff der älteren, wenig wachsenden Flechtenteile müßte man, selbst mit Berücksichtigung der geringen Anzahl der mikroskopisch zu beobachtenden Zellteilungen, fragen, wo denn im Lauf der vielen Jahre die Algen hinkommen. Es muß ohne weiteres ein Absterben und vom Standpunkte des Parasitismus ein Verzehren zum wenigsten des Zellinhaltes der Gonidien von seiten des Pilzes gefordert werden. Diese Erscheinung hat denn auch ELENKIN in letzter Zeit mit so zahlreichen neuen Beispielen belegt, daß er sie als bei heteromeren Flechten allgemein verbreitet betrachtet.

Die Gonidie vermehrt sich nicht nur sehr schwach, sie zeigt auch ein kränkelndes Aussehen, worauf schon verschiedene Beobachter hingewiesen haben. Statt frischgrün ist sie mißfarbig, gelbgrün. Solch eine Veränderung der normalen Färbung ist stets ein sicheres und empfindliches Zeichen für irgendwie gestörten Stoffwechsel. Der Zellinhalt ist nicht mehr so stark lichtbrechend wie bei der gesunden Alge, wohl infolge geringeren Gehaltes an dem als Reservestoff dienenden „fetten Öle". Die Pyrenoidstärke fehlt meist[1]). Das Protoplasma hat ein mehr körniges Aussehen. Diese und andere, bei ungünstigen Bedingungen eintretende Veränderungen sind dem Algenzüchter gut bekannt. Speziell bei *Chlorococcum humicola* im Gegensatz zu manchen anderen Algen habe ich solche Veränderungen nicht einfach infolge von Mangel an Nährsalzen, Kohlensäure, Licht und Luft eintreten sehen. Deshalb halte ich es auch nicht für wahrscheinlich, daß auf genannte Ursachen das kränkelnde Aussehen der Gonidien zurückzuführen ist. Bei ungünstigen Wachstumsbedingungen geht die Alge nämlich mit Leichtigkeit, und ohne ein anormales Aussehen zu erhalten, in den Ruhezustand über. An der Luft ausgetrocknete Algen, aber auch in sterilisiertem Wasser aufbewahrte Zellen können nach meinen Beobachtungen in diesem Zustande am Lichte oder im Dunkeln anderthalb Jahre und wohl auch länger lebend

1) Dadurch erklärt sich vielleicht die Behauptung PEIRCEs (zit. nach JUSTs Jahresb.), daß der zentrale Körper der *Cystococcus-humicola*-Gonidie ein Kern und nicht ein Pyrenoid sei. Zum Nachweis der Stärke ist Chloralhydratlösung anzuwenden, da ohne die aufhellende Wirkung des Chloralhydrats das massive Chromatophor so viel Jod speichert, daß die Stärke des zentralen Pyrenoids leicht verdeckt wird.

verbleiben. Den kränkelnden Gonidien ähnliche Zellen der *Cystococcus humicola* habe ich nur in infizierten zuckerhaltigen Kulturen mit starker Bakterien- und Pilzentwicklung gesehen. In diesem Falle kann man eine schädliche Einwirkung der Stoffwechselprodukte der Bakterien und Pilze auf die Algen annehmen. In der Flechte selbst wird natürlich das kränkelnde Aussehen durch den Parasitismus des extra- und intrazelluläre[1]) Haustorien ausbildenden Flechtenpilzes hervorgerufen. Die schädigende Wirkung der Pilzhyphen beruht wohl hauptsächlich auf Entnahme von organischen Nährstoffen und braucht nicht sogleich das Zugrundegehen zur Folge zu haben. Aus der Flechte befreit, sind die grünen Gonidien, auch die mit anhaftenden Hyphenresten, fast alle zur normalen Weiterentwicklung fähig[2]). Die nachteilige Wirkung der Pilzhyphen kann bedeutend abgeschwächt werden, wenn man der Ernährung der Gonidien nachhilft, indem man die Flechte oder Flechtenbruchstücke in Nährlösungen oder auf Agar mit Zugabe von etwas Glukose (0,1 pCt.) kultiviert[3]). Die Gonidien zeigen dann fast normales Aussehen, obgleich der Flechtenpilz sie auch weiter umklammert hält.

Nowotscherkask, Botan. Lab. d. Polytechnikums.
Arb. Nr. 15.

---

1) Neue Belege bei A. Danilow in Bull. du jardin Imp. bot. de St. Pétersb. vol. X, N. 2.

2) Von den Gonidien einiger Flechtenquerschnitte wurden mit Nähragar von geeigneter Zusammensetzung Plattenkulturen gegossen, die einzelnen Zellen vermerkt und die zu Kolonien auswachsenden gezählt.

3) In den durch Benetzung stark aufquellenden Hyphenwänden des Flechtenpilzes werden der Gonidie genügend Nährstoffe, ähnlich wie in einer Agarkultur, zugeführt. Ich glaube, daß, wenn die Flechte mit dem Wasser zugleich organische Substanzen ihrer Umgebung aufnimmt, die Gonidie mit dem Flechtenpilze in Konkurrenz treten dürfte, indem sie nicht nur die mineralischen Nährstoffe, sondern auch die organischen zum Teil in Beschlag nimmt.

10. F. Jesenko: Einige neue Verfahren, die Ruheperiode der Holzgewächse abzukürzen.

(II. Mitteilung.)

(Aus dem Institute für Pflanzenzüchtung der Hochschule für Bodenkultur in Wien.)

(Mit Tafel III.)

(Eingegangen am 23. Februar 1912.)

Vor kurzem berichtete ich, daß man die winterliche Ruhe periode verschiedener Holzgewächse durch Einpressen von verdünntem Alkohol, Äther und reinem Wasser in Zweige, sowie durch Injektionen und bloßen Stich[1]) in Knospen um mehrere Tage abzukürzen vermag (JESENKO). Das Einpressen von Lösungen mit Hilfe des Druckapparates — besonders wenn es sich um eine größere Anzahl von Zweigen handelt — ist jedoch ziemlich umständlich. Die Injektion mittelst der PRAVAZschen Spritze in Knospen hat wieder den Nachteil, daß die Wirkung der injizierten Lösung nicht für sich allein beurteilt werden kann, da ja schon durch das Einführen der Kanüle in die Knospe ohne nachherige Injektion, bloß infolge des Stiches, ein zeitigeres Austreiben erfolgt; außerdem werden kleinere Knospen beim Einstich (selbst wenn eine sehr feine Kanüle verwendet wird) häufig so schwer verletzt, daß die Sproßentwicklung empfindlich gestört wird.

Diesen Schwierigkeiten und Störungen glaubte ich dadurch begegnen zu können, daß ich Zweige und Knospen, statt Alkohol, Äther und Wasser einzupressen oder zu injizieren, nach der Art der Warmbadmethode von MOLISCH, in diesen Lösungen badete.

Bereits voriges Jahr konnte ich beobachten, daß Alkoholbäder das Austreiben zu beschleunigen vermögen. Zweige von *Quercus*

1) Der ähnlichen und unabhängig von mir angestellten Versuche F. WEBERs habe ich bereits in der I. Mitteilung Erwähnung getan. Die Arbeit WEBERs: „Über die Abkürzung der Ruheperiode der Holzgewächse durch Verletzung der Knospen, beziehungsweise Injektion derselben durch Wasser (Verletzungsmethode)", ist inzwischen in den Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wissensch. in Wien 1911, Bd. CXX, Heft VI, erschienen.

pedunculata, die durch einige Stunden in 10proz. Alkohol (Temperatur 17 ° C) untergetaucht und dann ins Warmhaus gestellt wurden, trieben mehrere Tage früher aus als ungebadete Kontrollzweige.

Im heurigen Winter wurden die Versuche mit Alkoholbädern — Ätherlösungen waren wegen der großen Flüchtigkeit des Äthers nicht gut brauchbar — auf eine Anzahl verschiedener Holzgewächse ausgedehnt; ferner wurden noch andere Lösungen herangezogen, vor allem solche organischer und anorganischer Säuren, deren chemische und physiologische Wirksamkeit auf beginnende Wachstumsprozesse ja mehrfach schon erwiesen wurde (HEYER, LOEB). Die Versuchsanordnung war folgende:

20—30 cm lange Zweige, womöglich demselben Baume entnommen, wurden zu 6—10 Stück in einem Bündel vereinigt in das Bad gelegt. Diese von MOLISCH angegebene Methode ist schon deshalb sehr zu empfehlen, weil dadurch eine große Anzahl Knospen gleichzeitig denselben Bedingungen ausgesetzt werden und demnach trotz bedeutender Variationsbreite der Treibfähigkeit einzelner Knospen die Wirksamkeit des Bademittels mit großer Sicherheit beurteilt werden kann. Die auffälligen Abweichungen und Ausfälle in den groß angelegten Versuchen von HOWARD dürften wenigstens teilweise auf eine zu geringe Anzahl von Zweigen bei den einzelnen Versuchen zurückzuführen sein.

Das Bad wurde in zylindrischen Glasgefäßen von 2 Liter Inhalt bereitet, die Lösung in abgestufter volumprozentischer Verdünnung angewendet. Die Alkoholbäder enthielten 30 pCt., 20 pCt., 10 pCt., 5 pCt., 1 pCt. Alkohol; Salzsäure- und Schwefelsäurebäder 5 pCt., 1 pCt., 0,5 pCt. Säure. Von der Verwendung molekularer bzw. normaler Lösungen wurde diesmal abgesehen und die bis jetzt bei Alkohol und Äther stets angewendete volumprozentische Verdünnung auch für die Säuren beibehalten. Um die Wärmewirkung auf Knospen während des Badens außer acht lassen zu können, wurden die Lösungen bei einer Temperatur von 12 ° bis 14 ° C gehalten, was im Laboratorium dadurch erreicht wurde, daß man die Gefäße, sobald die Temperatur der Lösungen 14 ° C überschritt, in eisgekühltes Wasser stellte. Die Zweigbündel wurden mit dem apikalen Ende nach abwärts in die Lösung getaucht, so daß ein kurzes Stück des basalen Endes und die Schnittfläche aus dem Bade hervorragten; die Lösung konnte demnach nicht im Holzkörper aufsteigen, sondern lediglich von außen her in die Knospen eindringen. In dieser Weise wurde die erste Versuchsserie von Zweigbündeln 12 Stunden gebadet; dann folgte eine

zweite, die ein 6stündiges und darauf eine dritte, die ein 3stündiges Bad durchmachte. Beim Herausnehmen aus dem Bade erhielt jedes Zweigbündel durch umgebundene verschiedenfarbige Glasperlen eine Markierung, die die Art der Badelösung, ihre Konzentration und die Zeitdauer des Badens erkenntlich machen sollte. Die Zweigbündel wurden nun mit der Basis in Wassergläser gestellt und ins Warmhaus in die Nähe der Leitungsrohre gebracht, wo andauernd eine Temperatur von 26 °— 30 ° C herrschte. Im folgenden seien einige dieser Versuche angeführt:

Pirus malus.

Äthylalkohol.

a) Zweige von *Pirus malus*, alle demselben Baume entnommen, wurden am 30. November in 20-, 10-, 5-, 1prozentigem Äthylalkohol und reinem Wasser (14 ° C) gebadet. Nach Überstellung der Zweige ins Warmhaus wurde täglich kontrolliert, welche Bündel zuerst zu treiben begannen. In der nachstehenden Tabelle sind die Beobachtungen übersichtlich zusammengestellt, wobei der Deutlichkeit halber hauptsächlich der Zeitpunkt des Austreibens berücksichtigt wurde.

Äthylalkohol-Konzentration in %	Beginn des Versuches: 30. November 1911					
	12stündiges Bad		6stündiges Bad		3stündiges Bad	
	12. Dez.	18. Dez.	17. Dez.	19. Dez.	18. Dez.	19. Dez.
20 %	—	—	—	Knospenschuppen lösen sich	Knospenschuppen lösen sich	Fortschreit. Entwickl.
10 %	—	Knospenschuppen lösen sich	Knospenschuppen lösen sich	„	„	„
5 %	Knospenschuppen lösen sich	Blüten sichtbar	„	„	„	Knospenschuppen lösen sich
1 %	—	Knospenschuppen lösen sich	—	„	—	—
Wasser	—	Knospenschuppen lösen sich	—	„	—	—
nicht gebadet	—	„ (20. Dez.)				

12stündiges Bad in 1proz. Alkohol hatte eine ausgesprochen treibende Wirkung: die darin gebadeten Knospen trieben im Warmhaus um 8 Tage früher aus als die nicht gebadeten. 5 proz.

Alkohol ergab nach 12stündiger Einwirkung einen weniger günstigen Erfolg, während noch stärkere Alkoholbäder nur bei einer 6- und 3stündigen Dauer eine geringe Beschleunigung der Knospenentfaltung herbeiführten. Bemerkenswert ist ferner auch, daß reines Wasser schon bei einer Temperatur von 14 ° C die Knospenentwicklung förderte.

b) Einen Monat später wurden Zweige von *Pirus malus* unter den gleichen Bedingungen wie im ersten Versuche gebadet. Das Ergebnis war folgendes:

Äthylalkohol-Konzentration in %	Beginn des Versuches: 1. Januar 1912					
	12stündiges Bad		6stündiges Bad		3stündiges Bad	
	9. Januar	12. Januar	10. Januar	12. Januar	9. Januar	12. Januar
20 %	—	—	—	—	—	—
10 %	—	—	—	—	Knospenschuppen lösen sich	Fortschreit. Entwickl.
5 %	—	—	—	—	„	„
1 %	—	Knospenschuppen lösen sich	Knospenschuppen lösen sich	Fortschreit. Entwickl.	—	Knospenschuppen lösen sich
Wasser	Knospenschuppen lösen sich	Blüten	„	„	—	„ (13. Jan.)
nicht gebadet	—	Knospenschuppen lösen sich (13. Jan.)				

Das Alkoholbad hatte im Januar bei weitem nicht denselben günstigen Einfluß auf die Knospenentfaltung als einen Monat zuvor. Zwar trieben infolge des Abklingens der Ruheperiode die Knospen im allgemeinen früher aus als im Dezember, die gebadeten hatten jedoch gegenüber den nicht gebadeten einen ganz geringen Vorsprung in der Knospenentfaltung; 1 proz. Alkohol, im Dezember mit bestem Erfolge angewendet, wirkte nun bei einem 12stündigen Bade retardierend, während 20 proz. Alkohol bereits bei einem 3stündigen Bade ausgesprochen schädigende Wirkung auf die Knospenentwicklung zeigte. In reinem Wasser gebadete Zweige trieben etwas früher aus als die nicht gebadeten.

Salzsäure.

a) Zweige von *Pirus malus* am 20. November in verdünnter Salzsäure gebadet.

Salzsäure-Konzentration in %	Beginn des Versuches: 30. November 1911					
	12stündiges Bad		6stündiges Bad		3stündiges Bad	
	13. Dez.	19. Dez.	13. Dez.	20. Dez.		20. Dez.
5 %	—	—	—	—		—
1 %	—	Knospenschuppen lösen sich	Knospenschuppen lösen sich	Blüten treten hervor		Knospenschuppen lösen sich
0,5 %	Knospenschuppen lösen sich	Knospen brechen auf	„	Knospenschuppen lösen sich		„
Wasser	—	Knospenschuppen lösen sich	—	„		„
nicht gebadet	—	„ (20. Dez.)				

Die Treibwirkung des Salzsäurebades ist unverkennbar: Zweige, die 12 Stunden in 0,5 proz. Salzsäure gelegen sind, trieben um 7 Tage früher aus als die ungebadeten Kontrollzweige. Ungefähr gleich verhielten sich Knospen nach einem 6stündigen Bade in 1 proz. Salzsäure. Das Verhältnis war also das gleiche wie in den Versuchen mit dem Alkohol: bis zu einer gewissen Grenze vermag demnach ein stärkeres Agens, durch kurze Zeit angewendet, einen ähnlichen Treiberfolg hervorzurufen wie ein schwaches bei längerer Einwirkung.

b) *Pirus-malus*-Zweige, am 1. Januar in verdünnter Salzsäure gebadet, ergaben folgendes Resultat:

Salzsäure-Konzentration in %	Beginn des Versuches: 1. Januar 1911					
	12stündiges Bad		6stündiges Bad		3stündiges Bad	
	10. Januar	12. Januar	9. Januar	12. Januar	10. Januar	12. Januar
5 %	—	—	—	—	—	—
1 %	—	—	—	—	—	Knospenschuppen lösen sich
0,5 %	—	—	Knospenschuppen lösen sich	Fortschreit. Entwickl.	—	„
Wasser	Knospenschuppen lösen sich	Knospen öffnen sich	—	Knospenschuppen lösen sich	—	„
nicht gebadet	—	Knospenschuppen lösen sich				

Entsprechend den Versuchen im Alkoholbad hatte verdünnte Salzsäure im Monat Januar keine oder nur eine geringe treibende Wirkung auf *Pirus malus*. 12 Stunden in reinem Wasser gebadete Zweige begannen 2 Tage früher als die nicht gebadeten zu treiben.

Larix decidua.

Die Vorversuche zeigten, daß Knospen an einjährigen Zweigen von *Larix decidua* im Warmhause nicht nur langsamer, sondern auch viel unregelmäßiger austrieben als ältere Knospen. Der einjährige Trieb wurde deswegen stets abgeschnitten, und man verwendete zu Versuchszwecken nur zwei- und dreijährige Zweige. Durch das Abschneiden der Spitze ist allerdings unvermeidlich geworden, daß während des Bades die Lösung auch von der Schnittfläche aus in Zweige und von da in die Knospen eindrang.

Athylalkohol.

a)

Äthylalkohol-Konzentration in %	Beginn des Versuchs: 1. Dezember 1911					
	12stündiges Bad		6stündiges Bad		3stündiges Bad	
	15. Dez.	20 Dez.	17. Dez.	20. Dez.	18. Dez.	20. Dez.
30 %	—	—	—	—	—	—
20 %	—	—	—	Beginnendes Treiben	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl.
10 %	—	Beginnendes Treiben	Beginnendes Treiben	Fortschreit Entwickl.	„	„
5 %	Beginnendes Treiben	Fortschreit Entwickl.	„	„	„	„
1 %	„	„	„	„	—	Beginnend. Treiben (21. Dez.)
Wasser	„	„	—	Beginnendes Treiben	—	„ (21. Dez.)
nicht gebadet	—	Beginnend. Treiben (21. Dez.)				

b)

Äthylalkohol-Konzentration in %	Beginn des Versuchs: 1. Januar 1912					
	12stündiges Bad		6stündiges Bad		3stündiges Bad	
	8. Januar	12 Januar	9 Januar	12. Januar		12. Januar
30 %	—	—	—	—		—
20 %	—	—	—	—		—
10 %	—	—	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl.		Beginnendes Treiben
5 %	—	Beginnendes Treiben	„	„		„
1 %	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl.	„	„		„
Wasser	„ (10. Jan)	„	—	Beginnendes Treiben		„
nicht gebadet	—	Beginnendes Treiben				

Vergleicht man die Wirkung des Alkoholbades im ersten und zweiten Versuche, so ergibt sich, daß ebenso wie bei *Pirus* die optimale Alkoholkonzentration im Dezember eine höhere ist als einen Monat später, wo sich die Ruheperiode bereits ihrem Ende nähert.

Schwefelsäure.

a) Ruhende Knospen von *Larix decidua* nach dem Schwefelsäurebade am 1. Dezember 1911.

Schwefelsäure-Konzentration in %	12stündiges Bad		6stündiges Bad		3stündiges Bad	
	14. Dez	20 Dez.	17. Dez.	20. Dez.	17. Dez.	20. Dez.
5 %	—	—	—	—	—	—
1 %	—	Beginnendes Treiben	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl.
0,5 %	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl.	„	„	„	„
Wasser	„ (16. Dez.)	„	„ (18. Dez.)	„	„ (18. Dez.)	„
nicht gebadet	—	Beginnendes Treiben				

b) Knospenentwicklung von *Larix decidua* nach dem Schwefelsäurebade am 1. Januar 1912.

Schwefelsäure-Konzentration in %	12stündiges Bad		6stündiges Bad		3stündiges Bad	
	10. Januar	13. Januar	10. Januar	13. Januar	12. Januar	13 Januar
5 %	—	—	—	—	—	—
1 %	—	—	—	—	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl.
0,5 %	—	Beginnendes Treiben	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl.	„	„
Wasser	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl.	—	Beginnendes Treiben	—	—
nicht gebadet	—	Beginnend. Treiben (14. Jan.)				

Auch das Schwefelsäurebad vermag die Ruheperiode bei *Larix* abzukürzen. Die optimale Wirkung hatte im Dezember 0,5proz. Schwefelsäure nach einem 12stündigem, im Januar 0,5proz. Schwefelsäure nach einen 6stündigem Bade. 5proz. Schwefelsäure hemmt die Entwicklung, tötet jedoch nach kurzdauernder Einwirkung nicht alle Knospen. In dem Versuche vom 1. Dezember brachen am 16. Januar $^2/_3$ der in 5proz. Schwefelsäure 6 Stunden lang gebadeten Knospen noch auf.

Orthophosphorsäure.

Orthophosphorsäure-Konzentration in %	Beginn des Versuches: 3 Januar 1912.					
	12stündiges Bad		6stündiges Bad		3stündiges Bad	
	13. Januar	17. Januar	13 Januar	17. Januar	15. Jan	18. Jan.
5 %	—	—	Beginnendes Treiben	Fortschreit Entwickl.	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl.
1 %	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl.	„	„	„	„
0,5 %	„	„	„	„	„	„
Wasser	„ (16. Januar)	Fortschreit Entwickl.	—	Beginnendes Treiben	—	Beginnendes Treiben
nicht gebadet		Beginnendes Treiben (18. Januar)				

Orthophosphorsäure besitzt treibende Wirkung. Nach einem 12stündigen 1proz. Bade trieben die gebadeten Knospen um 6 Tage früher aus als die nicht gebadeten. Auch 5proz. Orthophosphorsäure hatte in einem 6stündigen Bade noch keinen schädigenden Einfluß auf die Knospen, sondern brachte sie um 3 Tage früher als die nicht gebadeten zum Treiben.

Weinsäure.

Weinsäure-Konzentration in %	Beginn des Versuches: 2. Januar 1912.					
	12stündiges Bad		6stündiges Bad		3stündiges Bad	
	12. Januar	17. Januar	12. Januar	16 Januar	13. Januar	17. Januar
30 %	—	—	—	—	—	—
20 %	—	—	—	—	—	Beginnendes Treiben
10 %	—	Beginnendes Treiben	—	Beginnendes Treiben	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl.
5 %	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl.	Beginnendes Treiben	Fortschreit. Entwickl.	„	„
1 %	„	„	„	Fortschreit. Entwickl.	„	—
Wasser	„ (16. Januar)	„	—	Beginnendes Treiben	—	—
nicht gebadet		Beginnendes Treiben (18. Januar)				

Ließ man 5proz. und 1proz. Weinsäure 12 Stunden auf die Knospen einwirken, so trieben sie um 5 Tage früher als die nichtgebadeten aus. Ein 3stündiges Bad in 1proz. Weinsäure hatte keinen sichtbaren Erfolg. Die Zeit war jedenfalls zu kurz, als daß die Lösung wirksam in die Knospen eindringen konnte.

Zweige von *Larix* wurden am 3. Dezember und am 2. Januar in mit Kohlendioxyd gesättigtem Wasser gebadet. Die Wirkung des Bades war in beiden Fällen eine günstige, die gebadeten Zweige trieben zeitiger aus als die Kontrollzweige und zwar im Dezember:

durch 12 Stunden gebadete Zweige . nach 14 Tagen
„ 6 „ „ „ . „ 18 „
„ 3 „ „ „ . „ 19 „
in reinem Wasser gebadete „ . „ 19 „
Kontrollzweige ungebadet . . . . „ 19 „

Im Januar ging das Treiben im allgemeinen zeitiger an, doch beschleunigte ein 12stündiges kohlensaures Bad die Knospenentwicklung noch um 3 Tage.

Populus nigra.

Am 4. Januar in verdünntem Alkohol, Salzsäure, Weinsäure und reinem Wasser gebadete Zweige kamen tags darauf ins Warmhaus. Am 18. Januar begannen einige Bündel auszutreiben und zwar diejenigen, die 12 Stunden in 20proz. Weinsäure und 5proz. Salzsäure gelegen waren. In dieser Konzentration waren Weinsäure und besonders Salzsäure in allen vorhergehenden Versuchen ausgesprochen schädlich, während sie bei *Populus* die Knospenbrechung um 9 Tage beschleunigten; die nicht gebadeten Kontrollzweige trieben nämlich erst am 27. Januar aus. Fig. 1 Taf. III zeigt das Entwicklungsstadium zweier Bündel am 27. Januar, von denen eines nicht gebadet, das andere in 5proz. Salzsäure 12 Stunden gebadet wurde. In bezug auf die Beförderung des Austreibens kam der 5proz. Salzsäure und 20proz. Weinsäure am nächsten ein 10proz. Alkoholbad, nach dessen Anwendung die Knospen am 20. Januar aufbrachen. Im übrigen war das Austreiben der Knospen weniger als bei vorhergehenden Versuchen von der Konzentration der Alkohol- und Säurelösung abhängig, denn fast alle Bündel außer den bereits erwähnten, trieben zwischen 25. und 27. Januar aus.

Carpinus betulus.

Carpinus-betulus-Zweige kamen im Dezember und Januar ins Alkohol- und Säurebad. Ins Warmhaus überstellt brachen die Knospen sehr unregelmäßig auf. Nicht nur die einzelnen Bündel untereinander, sondern auch die Zweige desselben Bündels zeigten nach 30—35 Tagen alle möglichen Entwicklungsstadien. Mit Sicherheit zu erkennen war nur, daß 20proz. Alkohol nach einem 12stündigen Bade die Knospen im Dezember zur Entwicklung anregte und auch 1proz. Salzsäure (12stündiges Bad) das Austreiben förderte.

Acer campestre.

Die Knospenentfaltung wies nach dem Bade in Alkohol und Säure ähnliche Unregelmäßigkeiten auf wie *Carpinus betulus*. Eine deutliche Beschleunigung des Knospenwachstums war im Januar nach 6stündiger Einwirkung von 10proz. Weinsäure zu konstatieren. Da *Acer campestre* auch im Januar nur sehr langsam austrieb, siedelten sich an den Zweigen Schimmelpilze an, die das Austreiben empfindlich störten.

Sambucus nigra.

Das beste Resultat ergaben die in kohlendioxydgesättigtem Wasser gebadeten Zweige, die Mitte Januar um 5 Tage früher als die in reinem Wasser gebadeten austrieben. Sonst war das Austreiben sehr unregelmäßig. Bemerkenswert ist, daß Knospen von *Sambucus*, die eigentlich nur durch zwei größere Knospenschuppen geschützt sind, zwischen denen oft die jungen Blättchen hervorragen, in 5proz. Schwefelsäure nach 6stündiger Einwirkung nicht ausnahmslos getötet wurden. Sie entwickelten sich langsamer, aber schließlich kamen doch vollständig normale Sprosse hervor.

Salix aurita.

Der Erfolg der Alkohol- und Säurebäder (Dezember und Januar) war durchweg negativ. Stärkere Alkohol- und Säurebäder schädigten die Knospen in der Regel so stark, daß die wenigsten davon austrieben. Auch verdünntere Bäder hatten keinen günstigen Einfluß: die Knospen trieben darnach sehr unregelmäßig aus. Nur die in reinem Wasser gebadeten Zweige trieben normal aus und entwickelten sich noch gleichmäßiger als die ungebadeten Kontrollzweige.

Wenn wir die Ergebnisse der vorliegenden Versuche im Zusammenhange betrachten, so geht daraus vor allem deutlich hervor, daß Alkohol-, Salzsäure-, Schwefelsäure- und Weinsäurebäder, ferner kohlensäuregesättigtes Wasser und auch reines Wasser während der winterlichen Ruhepause bei einer Anzahl von Holzgewächsen das Austreiben der Knospen zu beschleunigen vermögen. (Versuche mit verschiedenen anderen Säuren sind noch nicht abgeschlossen.)

Das Verhalten von Alkohol- und Säurelösungen war, nach den Treiberfolgen beurteilt, in vieler Hinsicht ziemlich identisch.

Stärkere Lösungen hatten zur Zeit, wo die meisten Versuchsgewächse noch in tiefer Ruhe verharrten, durchaus einen günstigeren Erfolg als gegen den Ausgang der Ruheperiode, wo in der Regel nur noch sehr verdünnte Lösungen das Austreiben der Knospen einigermaßen beschleunigten.

Bei Holzgewächsen, die bereits aus der Ruhe getreten waren, bewährte sich am besten noch das Wasserbad (14 ° C), nach dessen Anwendung die Knospen, wenn auch nicht früher, so doch regelmäßiger als die nichtgebadeten Knospen austrieben.

Eine höher konzentrierte Alkohol- oder Säurelösung kürzere Zeit angewendet, wirkte bis zu einem gewissen Grade ähnlich wie eine schwache bei längerer Dauer der Einwirkung.

In welcher Weise verdünnter Alkohol, verdünnte Säuren und reines Wasser (14 ° C) in die Entwicklungsfähigkeit der Knospen eingreifen, ob es sich dabei um ähnliche oder verschiedene Prozesse handelt, konnte bisher nicht entschieden werden. Meine Erfahrungen lassen die Vermutung zu, daß es sich dabei vielleicht nicht nur um einen Reiz sensu stricto handelt, sondern daß durch die oben angewendeten Lösungen auch direkte chemische Prozesse in den Knospen eingeleitet werden und dadurch gewisse günstige Bedingungen für das Austreiben geschaffen werden. Diese Anschauung fand eine Unterstützung auch darin, daß Jodproben auf Knospenschnitte eine verschiedene Verteilung der Stärkekörnchen vor und nach dem Bade zeigten.

Versuche in dieser Richtung werden fortgesetzt, weswegen ich mich im vorliegenden nur mit der Anführung einiger Tatsachen begnüge, während die theoretische Seite des Problems in einer weiteren Mitteilung Berücksichtigung finden soll.

Literaturnachweis.

HEYER, Über fermentative Fettspaltung, Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 50, 1906—1907.

JESENKO, 1. Einige neue Verfahren, die Ruhepriode der Holzgewächse abzukürzen. I. Mitteilung. Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Jahrg. 1911, Bd. XXIX, Heft 5. 2. Das Frühtreiben mittels Injektion, Stich und Alkoholbad. Österr. Gartenzeitung, Jahrg. 1911.

JOHANNSEN, 1. Das Ätherverfahren beim Frühtreiben. Jena 1900. 2. Über Rausch und Betäubung der Pflanzen. Naturwiss. Wochenschrift 1902, Nr. 9.

LOEB, Chemische Konstitution und physiologische Wirksamkeit der Säuren. Bioch. Zeitschr. 1909, Bd. 15, Heft 12 u. 13.

MOLISCH, Über ein einfaches Verfahren, Pflanzen zu treiben (Warmbadmethode). Sitzungsb. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien 1908, Bd. CXVII, Heft I und 1909, Bd. CXVIII, Heft VI.

PFEFFER, Pflanzenphysiologie. Bd. II, 1904, S. 264.

Erklärung der Tafel III.

Fig. 1. *Populus nigra.* a) ungebadete Zweige, b) am 4. Januar 12 Stunden in 5proz. Salzsäure gebadete Zweige. Photographiert am 27. Januar.

Fig. 2. *Larix decidua.* Die Abbildung zeigt den lokalen Einfluß des Schwefelsäurebades. Ein gegabelter Zweig von *Larix* wurde am 1. Dezember mit der einen Gabel in 0,5proz. Schwefelsäure getaucht, 12 Stunden darin belassen und nach Überstellung ins Warmhaus am 20. Dezember photographiert.

Fig. 3. *Larix decidua.* Die Wirkung 1proz. Orthophosphorsäure: a) nach einem zwölfstündigen, b) nach einem sechsstündigen Bade. Unter c ungebadete Zweige. Beginn des Versuches am 1. Dez., die photogr. Aufnahme geschah am 20. Dez.

Fig. 4. *Pirus malus.* Am 30. November gebadet: a) in 5proz. Alkohol, b) in reinem Wasser, c) ungebadet. Die Bilder zeigen die Entwicklungsstadien am 20. Dezember.

II. F. W. Neger: Eine abgekürzte Jodprobe.

(Vorgetragen in der Sitzung der Sektion Dresden-Tharandt der D. B. G. zu Tharandt am 24. Februar 1912.)

(Eingegangen am 3. März 1912.)

MOLISCH[1]) hat vor kurzem eine äußerst bequeme Methode vorgeschlagen, durch welche ermittelt werden kann, ob in einem bestimmten Fall die Spaltöffnungen offen oder geschlossen sind (Infiltrationsmethode). Bei dem Versuch, diese Methode auf die Nadeln von Koniferen anzuwenden, kam ich nicht zum Ziel. Infolge der Dicke der meisten Nadeln ist es nicht möglich, jene von MOLISCH angegebene Infiltration der aufgetragenen Flüssigkeit (Alkohol, Äther, Xylol, Benzol usw.) zu beobachten. Ich versuchte daher die Infiltration durch Auflösung gewisser Stoffe (Jod, Farbstoffe) in Äther, Benzol usw. deutlicher zu machen. Auch jetzt gelang es mir nicht, eine Aufsaugung der Farblösungen nachzuweisen, und ich glaube, dieses passive Verhalten auf die

1) Das Offen- und Geschlossensein der Spaltöffnungen veranschaulicht durch eine neue Methode (Infiltrationsmethode), Zeitschrift f. Botanik, Bd. IV. 1912, S. 106—152.

Verstopfung der Spaltöffnungen durch Wachspfropfen zurückführen zu müssen. Dieselben scheinen von den betreffenden Lösungsmitteln sehr schwer angegriffen zu werden.

Nebenbei ergab sich aber bei diesen Versuchen ein Verfahren, welches ermöglicht, am hängenden Blatt ohne jede vorherige Behandlung — wie sie bei der Ausführung der bekannten SACHSschen Jodprobe üblich ist —, die Anwesenheit oder Abwesenheit von Stärke nachzuweisen. Abgesehen davon, daß dieses Verfahren bei Untersuchungen über Assimilationsvorgänge wegen seiner Kürze und Handlichkeit Vorteile bietet gegenüber der üblichen Jodprobe, eignet es sich ganz vorzüglich zu Vorlesungsversuchen; gleichzeitig aber kann durch diese abgekürzte Jodprobe die von MOLISCH vorgeschlagene Infiltrationsmethode, welche das Offen- oder Geschlossensein der Spaltöffnungen veranschaulicht, derart ausgeführt werden, daß sie für einen größeren Zuschauerkreis sichtbar wird.

Bringt man eine Lösung von wenig Jod in Äther auf die Unterseite eines Laubblattes, so spielen sich die gleichen Erscheinungen ab, welche MOLISCH (l. c.) beschrieb, d. h. die Flüssigkeit dringt ein, wenn die Spaltöffnungen geöffnet sind. Hatte vorher in dem Blatt eine energische Assimilation stattgefunden (ohne daß die Assimilate sofort zum weiteren Ausbau des Blattgewebes verwendet wurden), so zeigt sich augenblicklich eine tiefschwarze Färbung des Mesophylls, welche auch von der Oberseite her sichtbar ist.

Eine derartige (wenn auch weniger intensive) Dunkelfärbung tritt an dicken Blättern allerdings auch ein, wenn das Blatt mit dem Lösungsmittel allein (Xylol, Alkohol, Äther usw.) benetzt wird. Allein schon nach wenigen Minuten ist der Unterschied deutlich. Bei Anwesenheit von Jod (und Stärke) bleibt die Schwarzfärbung, ja sie wird sogar noch intensiver; dagegen verschwindet die Dunkelfärbung in kürzester Zeit, wenn reines Lösungsmittel infiltriert war. Bei durchfallendem Licht ist die Jodstärkefärbung natürlich noch besser von der Infiltration mit reinem Lösungsmittel zu unterscheiden (die letztere ist ja bei durchfallendem Licht hell auf dunklem Grund).

Fehlte die Stärke bei dem Versuch, so zeigt sich nach der Behandlung mit Jod-Äther nur eine schwache Braunfärbung.

In ganz vorzüglicher Weise eignen sich zu diesen Versuchen — wenn es sich um einen Vorlesungsversuch handelt — Topfpflanzen von *Evonymus japonicus*, welche einige Tage im Vegetationshaus standen und kräftig assimiliert hatten.

Die zu Beginn der Vegetationszeit sich bildenden, wie auch die älteren (1-, 2- oder mehrjährigen) Blätter nehmen, in turgeszentem Zustand die Jod-Ätherlösung leicht auf. Aber nur die ein- bis dreijährigen Blätter werden intensiv schwarz gefärbt, während die neuen Blätter nicht eher das Vorhandensein von Assimilaten anzeigen, als bis sie vollkommen entwickelt und ihre normale Dicke erlangt haben. Selbst unter den günstigsten Assimilationsbedingungen ist — trotz erfolgender Infiltration — kein Spur von Stärke oder höchstens eine sehr schwache Dunkelfärbung nachzuweisen, so lange die Blattgewebe nicht ihre volle Ausbildung erlangt haben. Offenbar wird alles, was durch Assimilation gewonnen wird, sofort zum Aufbau der Zellwände und zur Verdickung der vorhandenen Wände verbraucht.

In ähnlicher Weise läßt sich diese abgekürzte Jodprobe bei vielen anderen Pflanzen — außer bei immergrünen Nadelhölzern — anwenden.

Allerdings gelingt die Probe nur dann, wenn die Spaltöffnungen offen stehen.

Werden stärkereiche Blätter des *Ev. japonicus* abgepflückt und einige Stunden bei Zimmertemperatur liegen gelassen, so gelingt es nicht mehr, eine Infiltration der Blätter zu erreichen.

Die Spaltöffnungen haben sich geschlossen. Die Jod-Ätherlösung verdunstet ohne einzudringen, hinterläßt dabei allerdings einen dunklen Fleck, der aber durch Watte leicht zu entfernen ist.

Auf diese Weise kann weiterhin sichtbar das verschiedene Verhalten frischer und welkender Blätter gegenüber einer Infiltrationsflüssigkeit veranschaulicht werden; in diesem Fall allerdings immer vorausgesetzt, daß das Blattgewebe hinreichend stärkehaltig ist.

Wurde nun auf diese Weise gezeigt, daß die Spaltöffnungen keine Jod-Ätherlösung passieren lassen, so genügt es, mit einer Nadel die Blattunterseite leicht zu ritzen und wieder einen Tropfen der Jod-Ätherlösung aufzutragen -- sofort intensive Schwarzfärbung.

Ich fand auf diese Weise, daß die verschieden alten Blätter des japanischen Spindelbaums beim Welken verschieden schnell ihre Spaltöffnungen schließen; am schnellsten die jungen, eben entwickelten, etwas weniger rasch die einjährigen, sehr langsam die zwei und dreijährigen. Bei ihnen scheint der Schließmechanismus schon ziemlich unbeweglich geworden zu sein.

Noch ältere Blätter sind sehr stärkearm, und daher weniger geeignet diese Verhältnisse zu veranschaulichen, sie lassen übrigens auch die Infiltrationsflüssigkeit schwer passieren. An panachierten Blättern zeigen nur die grünen Stellen die Jod-Stärke-Schwarzfärbung, während die weißen Stellen gelbliche Farbe annehmen.

Näheres über die Assimilationsvorgänge bei verschieden alten Blättern immergrüner Holzpflanzen wird später in einer umfassenderen, voraussichtlich im Tharandter forstlichen Jahrbuch zu veröffentlichenden Abhandlung mitzuteilen sein. Hier kam es mir nur darauf an, auf die abgekürzte, zu Demonstrationszwecken geeignete Jodprobe und die modifizierte Infiltrationsmethode hinzuweisen.

Bot. Institut der Kgl. Forstakademie, Tharandt.

Sitzung vom 29. März 1912.

Vorsitzender: Herr J. BEHRENS.

Als ordentliche Mitglieder werden vorgeschlagen die Herren

Mitlacher, Dr. med. **Wilhelm,** a. o. Professor der Pharmakognosie an der Universität in **Wien I,** Pharmakognostisches Institut der Universität (durch T. F. HANAUSEK und J. BEHRENS).

Herrig, Friedrich, Assistent am botan. Institut der Universität Berlin in **Charlottenburg,** Philippstr. 6 (durch P. CLAUSSEN und E. JAHN).

Rabbas, P., cand. phil., in **Charlottenburg,** Pestalozzistr. 8 (durch P. CLAUSSEN und M. MÜCKE).

Schroeder, Dr. **Dominicus,** Assistent am pflanzenphysiologischen Institut der Universität in **Göttingen** (durch G. BERTHOLD und S. V. SIMON).

Bohutinský, Gustav, Professor an der höheren landwirtschaftl. Lehranstalt in **Križevci** (Kroatien), (durch F. PAX und H. WINKLER).

Als ordentliche Mitglieder werden proklamiert die Herren

Lesage, Dr. **Pierre,** Professor in **Rennes.**
Dunzinger, Dr. **Gustav** in **München.**

Herr LINDNER demonstrierte einige instruktive Tröpfchen- und Adhäsionskulturen von der im Schleimfluß einer Eiche von NADSON gefundenen neuen Hefe *Guilliermondia fulvescens* Nads. und Konokot. und gab dazu einige Erläuterungen über die Eigentümlichkeiten dieser als Schulbeispiel für heterogame Kopulation und üppige Sporenbildung empfehlenswerten Art auf Grund der An-

gaben der Entdecker. Um die Einzelheiten der interessanten Arbeit, die in russischer Sprache erschienen und am Schluß nur eine kurze französische Inhaltsangabe bringt, auch dem deutschen Leserkreis zugänglich zu machen, ist auf Anregung des Vortr. und mit gütiger Erlaubnis von Herrn Prof. NADSON eine deutsche Übersetzung durch Herrn Dr. SOKOLOWSKY vom Institut für Gärungsgewerbe angefertigt worden, und wird dieselbe in der „Wochenschrift für Brauerei", Berlin N 65, Seestraße, erscheinen. Eine größere Anzahl Sonderabdrücke soll zum Selbstkostenpreis Interessenten abgegeben werden. Es empfiehlt sich, schon jetzt eine diesbezügliche Bestellung zu machen, damit die Zahl der anzufertigenden Sonderabdrücke festgelegt werden kann.

Eine weitere Demonstration bezog sich auf ein von Prof. HENNEBERG von dem gleichen Institut dem Vortr. überlassenes Präparat einer Heubazillusspezies aus Katzenkot, die in einer Tröpfchenkultur ein prächtiges Habitusbild lieferte. Die langen noch im Zusammenhang gebliebenen Fadenstücke hatten in regelmäßigen Abständen Sporen angelegt. Nur am Rand des Tröpfchens waren vereinzelte sporenlose Stäbchen.

Antrag an die Generalversammlung:

Herr Buchhändler W. JUNK beantragt, das Verlagsverhältnis mit der Firma Gebr. BORNTRAEGER zu lösen und die „Berichte" einem anderem Verlage zu übertragen.

Für die Generalversammlung ist außer dem im gemeinsamen Programm angekündigten Vortrag des Herrn K. MÜLLER noch ein weiterer Vortrag von Frl. ROSE STOPPEL über „Die autonomen Bewegungen bei *Phaseolus*" angemeldet worden.

Mitteilungen.

12. Heinz-Rolf Wehrhahn: Wurde die Zitrone im ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnung in Italien kultiviert?

(Mit einer Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 14. März 1912.)

Mit einer Arbeit über die römischen Gärten im ersten Jahrhundert nach Christi Geburt beschäftigt, bin ich veranlaßt, auch die damals in ihnen kultivierten Pflanzen zu berücksichtigen. Betreffs des „medischen" bzw. „assyrischen" Apfels, der Zitrone, bin ich auf Unstimmigkeiten in der Literatur gestoßen, auf die ich in folgendem näher eingehen möchte, da mir in der größeren Arbeit kaum dazu Platz sein wird. Es würde auch aus dem Rahmen einer solchen Arbeit fallen, derartige spezielle Fragen eingehend zu behandeln. Zudem beansprucht diese Abhandlung mehr botanisches als gärtnerisches Interesse.

Die größten Widersprüche finden sich in der gärtnerischen Fachliteratur. Der Grund ist wohl darin zu suchen, daß der römische Garten als nebensächlich nur ungenau bearbeitet wurde. Die meisten kommen nur wenig über die klassischen Briefe des Plinius d. J. hinaus, in denen er seine Gärten, das Tuskum und Laurentinum, beschreibt. Nicht erwähnt wird die Zitrone von Hüttig[1]) und J. v. Falke[2]). H. Jäger[3]) dagegen spricht von den Hausgärten in Pompeji und schreibt: „Außer den im freien Lande stehenden Bäumchen und Schlingpflanzen waren, besonders in kleinen Gärten, immergrüne Pflanzen in Stein- und Tongefäßen regelmäßig aufgestellt, und man sah hier oft den zu jener Zeit

1) O. Hüttig, Geschichte des Gartenbaus, Berlin 1879.

2) J. v. Falke, Der Garten, seine Kunst und Kulturgeschichte, Berlin und Stuttgart.

3) H. Jäger, Gartenkunst und Gärten sonst und jetzt. Berlin 1888, Seite 42.

noch nicht akklimatisierten Orangenbaum (soll heißen Zitronenbaum), für welchen es ja auch in Rom zu kalt ist.“ Das Gegenteil schreibt W. P. Tuckermann[1]): „Zitronen waren zu Plinius' Zeit, 50 v. Chr., allerdings noch nicht verbreitet. Ihre Kulturwanderung aus ihrem Vaterlande Medien ist unschwer zu verfolgen.“ Man wird einwenden, daß zur Klärung einer solchen Frage die gärtnerische Literatur belanglos ist, da sie sich nur auf ältere, botanische Angaben stützen kann und keine Frucht eigenen Studiums ist. Ich muß dieses zugeben und verspreche mir auch in Beziehung auf eine Neubearbeitung der Gartenkunst nur etwas aus Studien, die die Literatur lediglich als Notbehelf benutzen.

Unstimmigkeiten finden wir schon bei Plinius. Es heißt da im 12. Buche: „Der assyrische oder, wie andere sagen, der medische Apfel dient als Gegengift. Sein Blatt gleicht dem des Unedo mit dazwischensitzenden Dornen. Die Frucht selbst ißt man gewöhnlich nicht, ihr Geruch ist noch stärker als der der Blätter, teilt sich den Kleidern mit, zwischen welche sie gelegt wird und schützt dieselbe gegen schädliche Tiere. Der Baum trägt zu jeder Zeit Früchte, von denen ein Teil abfällt, ein anderer reift und noch andere nachwachsen. Man hat wegen ihrer vorzüglichen Heilkräfte diese Bäume in irdenen Töpfen in andere Länder zu verpflanzen gesucht, ... Allein sie haben nur in Medien und Persien fortkommen wollen.“ Dagegen spricht er im 13. Buche, daß er zum Schmuck der Häuser diene, woraus sich der Schluß ziehen ließe, daß die Kulturversuche doch nicht so ganz resultatlos verlaufen wären. Im 16. Buche schreibt er dann, daß sich der medische Apfelbaum sträube, anderwärts zu tragen. Daraufhin fragt Victor Hehn[2]) ganz berechtigt: „Inwiefern aber schmückte . . . . . dieser medische Baum die Häuser? Stand er in Kübeln unter den Säulen der Halle, und war er also doch, obiger Versicherung zuwider, auch außerhalb Mediens lebensfähig? Oder zierte er die Wohnungen der Reichen nur durch seine Früchte, die etwa als *κειμήλια* auf Tischen und Gesimsen prangten und die Dämonen des Verderbens als felicia mala abhielten?“ Und an einer anderen Stelle sagt er, daß er „den Alten in ihrer besten Zeit ganz unbekannt, in der späteren Zeit nur halb bekannt war“.

Aus alledem geht hervor, daß die Frage, ob die Zitrone zu Plinius' Zeit in den Gärten Roms bekannt war, noch unentschieden

1) W. P. Tuckermann, Die Gartenkunst der italienischen Renaissancezeit, Berlin 1884, Seite 55.

2) V. Hehn, Kulturpflanzen und Haustiere, 3. Auflage 1877, Seite 388.

ist. L. WITTMACK[1]) hatte die in Pompeji gefundenen pflanzlichen Reste untersucht, aber Relikte der Zitrone nicht gefunden. Auch hatte er keine erwartet, denn er gibt an, indem er sich auf SCHOUW[2]) stützt, daß die Apfelsinen, Pomeranzen, Zitronen und Cedrate, kurz alle Orangen, fehlen. SCHOUW[2]) und COMES[3]) durchsuchten die pompejanischen Wandgemälde und stellten die Zitrone auch nicht fest.

Es lag im Interesse meiner oben erwähnten Arbeit, die Angaben SCHOUWs und COMES' nachzuprüfen, soweit es fern von den Ruinen Pompejis möglich ist. Glücklicherweise besitzen wir große und schöne Tafelwerke, die uns auch dasjenige zeigen, was wegen der Ungunst der Witterung oder durch die schlechte Methode der Konservierung vor Fiorelli zum zweiten Male und

dafür desto gründlicher untergegangen ist. Außer vielen anderen Werken ist Le Antichità di Ercolano e contorni Napoli 1757 ein unerschöpflicher Born für mich gewesen. Durch dieses Werk war es mir besonders ermöglicht, einige Angaben COMES' nachzuprüfen. Nicht immer konnte ich seinen Standpunkt teilen und muß WITTMACK recht geben, wenn er auf Tafel XLVI des ersten Bandes „aus dem niedrigen Kraut" die Hirse nicht erkennt. Zu-

1) L. WITTMACK, Die in Pompeji gefundenen pflanzlichen Reste. Gartenflora 1904, Seite 144 ff.

2) J. F. SCHOUW, Die pompejanischen Pflanzen, in Die Erde, die Pflanzen und der Mensch. 1851.

3) COMES, Illustrazione delle Piante Rappresentate nei Dipinti Pompejani, in Pompei e la regione sotterata del Vesuvio nell'anno LXXIX Napoli 1879.

gleich aber fand ich vol. II t. XXIV im mittleren Bilde unten eine Pflanze, an deren Deutung sich COMES nicht getraut hat. Er mag sie auch übersehen haben. Dieses Bild habe ich photographiert und zwar aus einem Nachdruck des Originalwerkes, der von G. CHR. KILIAN in Augsburg 1777 besorgt wurde. Er unterscheidet sich vom Original dadurch, daß die Tafeln dem Original spiegelbildlich gleich sind. Was daher im Original rechts ist, ist hier links und umgekehrt. Ich halte mich an die uns vorliegende Abbildung.

Sie stellt, wie es scheint, eine Mauerkrone dar, auf der sich drei Vögel befinden, welche wohl Wachteln vorstellen sollen. Einer von ihnen pickt an einem Zweige, der zwischen ihnen liegt und nicht angewachsen zu sein scheint. An ihm bemerken wir zwei Blüten, die eine mit vier, die andere mit sechs Blütenblättern. Dieser Zweig stammt, meiner Ansicht nach, von einer Zitrone. Der hin- und hergebogene Zweig, das charakteristische Blatt, die Blüten, alles deutet darauf hin.

Auffällig ist, daß diese Tafel SCHOUW und COMES entgangen ist. Ich kann es mir nur daher erklären, daß sie einen Citrus nach dem Berichte des PLINIUS nicht erwarteten. Ob das Werk SCHOUW überhaupt vorgelegen hat, ist fraglich. Vielleicht hat er seine Untersuchungen an Ort und Stelle gemacht, denn er war 1817—1820 und 1829—1830 in Italien. COMES dagegen zitiert Le Antichità häufiger.

Offen bleibt vorläufig noch die Frage, ob das Modell zu dem Zweige dem alten Maler in Herkulanum oder Pompeji vorgelegen hat. (Aus dem Texte ist nicht ersichtlich, wo man das Wandgemälde fand.) Wir haben Bilder gefunden, die ägyptische Landschaften mit dort heimischen Tieren und Pflanzen darstellen. Es wurden also auch Pflanzen auf den Gemälden verwertet, die es ohne Zweifel in Italien nicht gegeben hat, wie der Papyrus und das Nelumbium, und man könnte daraus schließen, daß der Zweig dem Maler nicht unbedingt vorgelegen haben muß. Doch spricht der Realismus, mit dem hier der Zweig, die Blätter und die Blüten behandelt sind, dafür, das der Maler das Modell vor sich gehabt hat. Hätte es sich um exotische Pflanzen gehandelt, die man nur in Medien und Persien zu Gesicht bekäme, so wären auch Tiere der dortigen Fauna an Stelle der Wachteln getreten. Daß der eine Vogel ein Blatt davon im Schnabel hält, spricht noch mehr für den Umstand, daß wir es hier mit einer Pflanze zu tun haben, die in Italien nicht gerade zu den allergrößten Seltenheiten gehörte.

Es bleibt nun noch übrig, die Angaben des PLINIUS mit diesem Funde zu vergleichen. Einmal sagt er (lib. XIII, 31): „Auch dient er zum Schmuck der Häuser (domus etiam decorans)." VICTOR HEHN will diese Worte auf den afrikanischen Citrusbaum *(Thuja articulata)* bezogen wissen, aus dem besonders kostbare Tische hergestellt wurden. Aber es steht doch zwischen der Abhandlung über den afrikanischen Citrus und diesen Worten: „alia est arbor eodem nomine malum ferens execratum aliquis odore et amaritudine, aliis expiditum!" Es wäre ja möglich, daß man das decorans nicht auf den Baum, sondern auf die Frucht zu beziehen hat, wie das HEHN weiter unten ja auch tut. In diesem Falle müßte man aber auf den Wandgemälden, auf denen Früchte und Girlanden mit Früchten vorkommen, auch die Zitronenfrucht finden. Und das ist weder SCHOUW noch COMES und trotz eifrigen Nachsuchens auch mir nicht gelungen. Also bleibt nur noch die Annahme übrig, daß der Baum zum Schmücken der Häuser verwendet wurde. Gegen die Annahme, daß er kultiviert werde, sprechen auch nicht die Worte im 16. Buche: fastidit . . . . nata Assyria malus alibi ferre, sondern sie besagen lediglich, daß er außerhalb Assyriens keine Früchte gezeitigt habe.

Ich glaube einwandfrei, besonders auf Grund der aufgefundenen Tafel, bewiesen zu haben, daß die Zitrone zu PLINIUS' Zeiten, wenn wahrscheinlich auch nur selten, in den Gärten Italiens vorgekommen ist. Wie sie dort kultiviert wurde, ob in Kübeln oder im freien Lande an geschützten Stellen, wie es aus späteren Jahrhunderten verbürgt ist, läßt sich vorläufig noch nicht sagen. Doch klingt das erstere wahrscheinlicher.

Hannover, im Februar 1912.

13. W. Palladin: Über die Bedeutung der Atmungspigmente in den Oxydationsprozessen der Pflanzen.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 14. März 1912.)

Die Atmungspigmente nehmen Wasserstoff auf und verwandeln sich in Leukokörper, wie viele Farbstoffe. So reduziert sich Methylenblau, indem es zwei Atome Wasserstoff aufnimmt:

$$C_{16}H_{18}N_3SCl + H_2 = C_{16}H_{20}N_3SCl.$$

Die Atmungspigmente, wie das Methylenblau, gehören demnach zu den ungesättigten Radikalen.

1. Die Rolle der Atmungspigmente in den Oxydationsprozessen besteht in dem Entziehen des Wasserstoffs von der zu oxydierenden Substanz.

Durch die umfassenden Untersuchungen von BACH[1]), wie auch von CHODAT und BACH[2]) wissen wir, daß die Oxydationsprozesse in den Pflanzen mit Hilfe des Systems Peroxydase + Oxygenase vor sich gehen. Allein die oxydierende Fähigkeit dieses Systems ist eine sehr beschränkte. Die Untersuchungen von BERTRAND[3]) haben den Nachweis dafür geliefert, daß die Oxydasen (Peroxydase + Oxygenase) den Sauerstoff der Luft ausschließlich auf cyklische Verbindungen einer bestimmten Zusammensetzung übertragen können. Die Oxydation ist für gewöhnlich nur auf eine Entziehung von Wasserstoff zurückzuführen. So wird das Hydrochinon nur bis zum roten Chinon oxydiert, unter Aufnahme von Sauerstoff und Bildung von Wasser:

$$C_6H_6O_2 + O = C_6H_4O_2 + H_2O$$

2. Die Oxydasen sind wasserbildende Fermente.

In Anbetracht einer so beschränkten Oxydationsfähigkeit der Oxydasen vermögen dieselben nicht Glukose oder die Produkte ihres anaëroben Zerfalles zu oxydieren. Zwischen der Glukose (oder den Produkten ihres anaëroben Zerfalles) und der Oxydase

1) A. BACH, Comptes rendus **124**, 951, 1897.

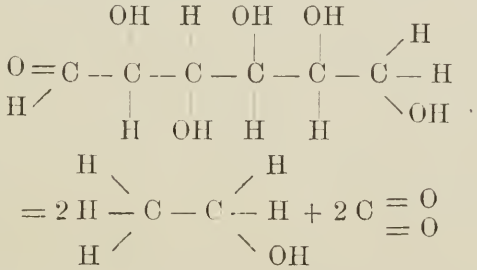
2) CHODAT und BACH, Archives des sciences physiques et naturelles. Genève 1904.

3) G. BERTRAND, Annales de chimie et de physique, 7 série 12 tome, 1897, S. 115.

bedarf es eines Intermediärkörpers. Einen solchen Vermittler stellt nun das Atmungspigment dar. Es entzieht der zu oxydierenden Substanz den Wasserstoff, welcher sodann mit Hilfe der Oxydase zu Wasser oxydiert wird. Indem das Pigment der zu oxydierenden Substanz Wasserstoff entzieht, wirkt es dadurch gleichzeitig als Oxydationsmittel. Solche Prozesse können sogar von einer Ausscheidung von Kohlensäure begleitet sein. So erhielten BREDIG und SOMMER[1]) bei der Einwirkung von Methylenblau auf Ameisensäure in Gegenwart eines anorganischen Ferments Kohlensäure:

$$C_{16}H_{18}N_3SCl + HCOOH = C_{16}H_{20}N_3SCl + CO_2$$

Bekanntlich zerfällt die Glukose während des primären anaëroben Stadiums der Atmung unter der Einwirkung von Zymase in Äthylalkohol und Kohlensäure:



Bei diesem Prozesse erfolgt eine Wanderung des Sauerstoffes vom Wasserstoff zum Kohlenstoff[2]). Im Molekül Alkohol ist nur ein Atom Wasserstoff noch oxydiert geblieben. Es ist eine intramolekulare Oxydation des Kohlenstoffes vor sich gegangen. Bei der weiteren Oxydation der Produkte des anaëroben Zerfalles der Glukose wird auch dieses letzte Sauerstoffatom für die intramolekulare Oxydation des Kohlenstoffes verwendbar. Der gesamte Wasserstoff der Glukose wird frei und mit Hilfe eines besonderen Ferments auf die Reduktion des Atmungspigments verwendet, von welchem er durch die Oxydase entzogen und zu Wasser oxydiert wird. Bezeichnet man das Atmungspigment mit dem Buchstaben **R**, so wird man die Oxydation der Produkte des anaëroben Zerfalles der Glukose in nachstehender Weise ausdrücken können:

$$2\,C_2H_6O + 6\,R = 6\,RH_2 + CO_2 + 3\,C$$

und hierauf

$$6\,RH_2 + 3\,O_2 = 6\,R + 6\,H_2O.$$

---

1) G. BREDIG und SOMMER, Zeitschrift für physikal. Chemie, **70**, 34, 1910.

2) F. HOPPE-SEYLER, PFLÜGERs Archiv, **12**, 8, 1876.

Hieraus folgt:

3. Während der Atmung wird der ganze Wasserstoff der Glukose ausschließlich durch den Sauerstoff der Luft oxydiert.

4. Das während der Atmung gebildete Wasser ist aëroben Ursprunges.

In dem von mir mitgeteilten Schema sind noch drei nicht oxydierte Kohlenstoffatome übrig geblieben. Dieselben können durch Wasser in Anwesenheit eines besonderen Fermentes oxydiert werden.

$$1.\ 2\,C_2H_6O + 6\,H_2O + 12\,R = 12\,RH_2 + 4\,CO_2.$$

$$2.\ 12\,RH_2 + 6\,O_2 = 12\,R + 12\,H_2O.$$

5. Die Oxydation der Glukose mit Hilfe eines Atmungspigments erfolgt unter Teilnahme des Wassers.

6. Die Oxydation der Glukose während der Atmung geht zur Hälfte auf Kosten des in der Glukose enthaltenen Sauerstoffes, zur anderen Hälfte auf Kosten des Sauerstoffs des während der Atmung assimilierten Wassers von statten.

7. Während der Atmung wird Wasser nicht nur ausgeschieden, sondern auch assimiliert.

Es drängt sich nunmehr die Frage auf, ob wir dazu berechtigt sind, eine Beteiligung des Wassers an dem Oxydationsprozesse der Glukose zuzulassen. Eine ganze Reihe von chemischen Reaktionen spricht für die Möglichkeit einer Teilnahme des Wassers an den Oxydationsprozessen bei Anwesenheit eines Katalysators. Durch die bemerkenswerten Untersuchungen von BACH[1]) über die Reduktionsfermente wird eine solche Annahme vollauf begründet. Die Untersuchungen der Reaktion von SCHARDINGER haben diesen Autor zur Feststellung eines besonderen reduzierenden Ferments, der Perhydridase, geführt, welche das Wasser spaltet.

Es drängt sich nunmehr die Frage auf, wann die Assimilation des Wassers vor sich geht, ob es sich während der Verarbeitung der intermediären Produkte der alkoholischen Gärung assimiliert, oder ob die Bildung dieser intermediären Produkte der Gärung unter Anteilnahme des Wassers vor sich geht. Die vorliegenden Beobachtungen sprechen zugunsten der zweiten dieser Annahmen.

---

1) A. BACH, Biochemische Zeitschrift **31**, 443, 1911; **33**, 282, 1911; **38**, 154, 1912.

In der Hefe ist eine große Menge von Redukase enthalten[1]). GRÜSS[2]) und ich[3]) haben nachgewiesen, daß die Redukase an dem Prozesse der alkoholischen Gärung einen unmittelbaren Anteil nimmt. Zieht man jedoch außerdem die erwähnten Untersuchungen von BACH in Betracht, welche den Nachweis dafür liefern, daß die Redukase unter Mitwirkung des Wassers arbeitet, so beweist dies alles zusammen genommen, daß der anaërobe Zerfall der Glukose von hydrolytischen Reaktionen begleitet wird. Da bei physiologischen Vorgängen die Nährstoffe gewöhnlich einem tiefgehendem Zerfalle unterliegen, so ist es sehr wahrscheinlich, daß auch die Glukose während der alkoholischen Gärung einem ähnlichen Zerfalle unterliegt. Man kann die alkoholische Gärung, ohne die notwendigen Phosphate in die Gleichung einzuführen, in Gestalt des nachstehenden Schemas ausdrücken:

1. $C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O = 6\,CH_4O_2$.

In Abwesenheit von Sauerstoff ergeben die schematisch durch die Formel CH_4O_2 ausgedrückten unbekannten Zerfallprodukte Alkohol, Kohlensäure und Wasser:

2. $6\,CH_4O_2 = 2\,C_2H_6O + 2\,CO_2 + 6\,H_2O$.

Bei Zutritt von Luft und bei dem Vorhandensein eines oxydierenden Apparates werden diese intermediären Produkte bei den höheren Pflanzen oxydiert:

1. $6\,CH_4O_2 + 12\,R = 6\,CO_2 + 12\,R{\cdot}H_2$.
2. $12\,R{\cdot}H_2 + 6\,O_2 = 12\,R + 12\,H_2O$.

Die völlige Zerstörung der Glukose während der Atmung geht demnach in folgender Weise vor sich:

1. Anaërobe Spaltung der Glukose unter Wasserassimilation mit Hilfe der Zymase und der Perhydridase.

2. Abgabe des Wasserstoffes der intermediären labilen Produkte vermittelst Perhydridase an das Atmungspigment.

3. Entnahme des Wasserstoffes von dem reduzierten Atmungspigment und Oxydation desselben zu Wasser mit Hilfe des Systems Peroxydase + Oxygenase.

St. Petersburg, Pflanzenphysiologisches Institut der Universität.

1) E. BUCHNER, H. BUCHNER und M. HAHN, Die Zymasegärung, 1903, S. 341.

2) GRÜSS, Zeitschrift f. ges. Brauwesen, **27**, 1904. Diese Berichte 1908, S. 191.

3) W. PALLADIN, Zeitschrift f. physiol. Chemie. **56**, 81, 1908.

14. A. Schulz: Die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands und seiner Umgebung (mit Ausschluß der Alpen), I.

(Eingegangen am 17. März 1912.)

In einer in den „Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Halle a. d. S." erschienenen Abhandlung über „Die Wandlungen des Klimas Deutschlands seit der letzten Eiszeit"[1]) habe ich eine zusammenfassende Darstellung meiner in zahlreichen früheren Schriften[2]) veröffentlichten Ansichten über die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands und seiner Umgebung (mit Ausschluß der Alpen)[3]) und der Methode, durch die ich zu diesen gelangt bin, gegeben. Im folgenden will ich auf die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke des bezeichneten Gebietes noch einmal eingehen, sie kurz darstellen und dabei darlegen, daß die Ergebnisse der Untersuchung der pleistozänen geognostischen Bildungen des nördlicheren Europas in keiner Weise den Ansichten über diese Entwicklungsgeschichte widersprechen, zu denen man einzig durch Untersuchung der Fähigkeiten, der Bedürfnisse und der Verbreitung der Arten der gegenwärtigen deutschen Phanerogamenflora sowie der heutigen klimatischen, der orographischen, hydrographischen und pedologischen Verhältnisse Deutschlands und seiner Umgebung gelangt, für sich allein aber nicht imstande sind, die gegenwärtige Verbreitung der Phanerogamen in Deutschland und seiner Umgebung zu erklären.

---

1) Schulz, Das Klima Deutschlands in der Pleistozänzeit. I. Die Wandlungen des Klimas Deutschlands seit der letzten Eiszeit, Abhandlungen d. Naturf. Gesellschaft zu Halle a. d. S., N. F., Heft 1, 1912.

2) Vgl. hierzu Schulz, Zeitschrift d. Deutschen Geologischen Gesellschaft, Bd. 62 (1910), Abhandlungen S. 115—116.

3) Hierunter ist das Gebiet verstanden, das ich in früheren Publikationen meist Mitteleuropa nördlich der Alpen genannt habe. Ich will es im folgenden kurz als Deutschland bezeichnen.

Die gegenwärtige phanerogame[1]) Flora[2]) eines Gebietes besteht aus indigenen, d. h. ohne jede Beihilfe des Menschen in diesem Gebiete zur Ansiedlung gelangten Arten[3]), und nicht indigenen Arten. Die indigenen Arten Deutschlands lassen sich hinsichtlich ihrer klimatischen Bedürfnisse und Fähigkeiten in fünf nicht scharf geschiedene Gruppen zusammenfassen.

Von diesen Gruppen umfaßt:

die erste die Arten, die hauptsächlich oder ausschließlich in solchen Gegenden wachsen, deren Sommer- und Winterklima kühler ist als das gegenwärtig in den niedrigen Gegenden des zentralen Mitteldeutschlands herrschende;

die zweite die Arten, die hauptsächlich oder ausschließlich in solchen Gegenden wachsen, deren Sommermonate trockner und sämtlich oder teilweise wärmer, deren Winter trockner und kälter sind als die der niedrigen Gegenden des zentralen Mitteldeutschlands;

---

1) Da hier nur die phanerogamen Arten berücksichtigt werden, so kann der Zusatz phanerogam fortbleiben.

2) Als gegenwärtige Flora eines Gebietes bezeichne ich die Gesamtheit der in diesem Gebiete seit dem Beginne seiner botanischen Erforschung wild — d. h. ohne Absicht und Pflege der Menschen — wachsend beobachteten Pflanzenarten. Als gegenwärtige Pflanzendecke eines Gebietes bezeichne ich die Gesamtheit der gegenwärtigen Areale der Arten seiner gegenwärtigen Flora in ihm. Das gegenwärtige Areal einer Art in einem Lande ist das von ihr in diesem in der Gegenwart, d. h. seit dem Beginne seiner botanischen Erforschung, bewohnte Gebiet. Die Ansiedlung einer Art in einem Gebiete hat in dem Augenblicke stattgefunden, wo hier das erste Individuum von ihr wuchs, dessen Nachkommen sich in diesem Gebiete ununterbrochen bis zur Gegenwart erhalten haben. Die Ansiedlung einer Art in einem Gebiete ist entweder die Folge einer Einwanderung der Art in dieses Gebiet oder die Folge einer Entstehung der Art aus einer anderen Art in diesem Gebiete. Einwanderung und Ansiedlung sind nicht identisch; die Einwanderung kann zu einer Ansiedlung führen, muß aber nicht dazu führen. Die Vorgänge — im weitesten Sinne —, die zur Ansiedlung der Arten der gegenwärtigen Flora eines Gebietes in diesem Gebiete geführt haben — sowie ihre Darstellung —, bilden die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen Flora dieses Gebietes; die Vorgänge — im weitesten Sinne —, die zur Ausbildung der gegenwärtigen Areale der Arten der gegenwärtigen Flora eines Gebietes in diesem Gebiete geführt haben — sowie ihre Darstellung —, bilden die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen Pflanzendecke dieses Gebietes.

3) Zahlreiche der indigenen Arten sind nach ihrer Ansiedlung auch mit Hilfe des Menschen in Deutschland eingewandert oder haben sich wenigstens mit seiner Hilfe hier mehr oder weniger weit ausgebreitet.

die dritte die Arten, die hauptsächlich oder ausschließlich in solchen Gegenden wachsen, deren Winter gemäßigter, deren Sommer ebenso warm oder wärmer sind als die der niedrigen Gegenden des zentralen Mitteldeutschlands;

die vierte die Arten, die hauptsächlich oder ausschließlich in solchen Gegenden wachsen, deren Sommerklima feuchter und meist auch kühler, deren Winterklima feuchter und gemäßigter ist als das der niedrigen Gegenden des zentralen Mitteldeutschlands.

Die übrigen Arten haben eine — zum Teil viel — weitere klimatische Anpassung als die Arten der einzelnen der vier vorstehenden Gruppen; sie können in eine fünfte Gruppe zusammengefaßt werden.

Die Arten der ersten Gruppe und die Individuengruppenreihen der Arten der fünften Gruppe, die bei ihrer Ansiedlung in Deutschland dieselben klimatischen Bedürfnisse und Fähigkeiten wie die Arten der ersten Gruppe hatten — ich will beide zusammen kurz als Elemente der ersten Gruppe bezeichnen —, haben sich in Deutschland fast sämtlich vor dem Ausgange des kältesten Abschnittes der letzten Eiszeit[1]) angesiedelt. Die Ansiedlung der Elemente der zweiten[2]) und der der dritten Gruppe[2]) fällt dagegen in die Zeit nach dem Ausgange dieses Zeitabschnittes. Denn wenn sich auch über das Klima der letzten Eiszeit etwas Sicheres noch nicht aussagen läßt, so darf man doch mit Bestimmtheit annehmen, daß es für diese Elemente viel ungünstiger war als das der ersten feuchten Periode, die die Areale der bei ihrem Beginne in Deutschland vorkommenden Elemente beider Gruppen ungemein verkleinert hat. Ich bin deshalb überzeugt, daß die Elemente beider Gruppen auch in den heute wärmsten und trockensten Strichen Deutschlands und seiner Umgebung nicht leben konnten

1) Als letzte oder fünfte Eiszeit bezeichne ich die Zeit, in die der Bühlvorstoß der Alpengletscher fällt und in der sich die Baltische Endmoräne gebildet hat. Als ihren kältesten Abschnitt bezeichne ich die Zeit, wo sich das nordische Eis bis Dänemark und Deutschland ausdehnte.

2) Die Arten der zweiten Gruppe und die Individuengruppenreihen der Arten der fünften Gruppe, die bei ihrer Ansiedlung in Deutschland dieselbe klimatische Anpassung wie die Arten der zweiten Gruppe hatten, bilden die Elemente der zweiten Gruppe. Die Arten der dritten Gruppe und die Individuengruppenreihen der Arten der fünften Gruppe, die bei ihrer Ansiedlung in Deutschland dieselbe klimatische Anpassung wie die Arten der dritten Gruppe hatten, bilden die Elemente der dritten Gruppe.

und daß sie sich erst nach dem Ausgange der letzten Eiszeit in Deutschland angesiedelt haben.

Die Areale der Elemente der ersten Gruppe, namentlich der ihrer ersten Untergruppe[1]), haben in Deutschland große Lücken. Die Lage der deutschen Wohnstätten vieler dieser Elemente und namentlich das Vorkommen einiger von ihnen in niedrigerer Lage ausschließlich auf schwermetallhaltigem Boden lassen deutlich erkennen, daß jene Lücken, wenigstens in der Hauptsache, nicht eine Folge sprungweiser Ausbreitung dieser Elemente sind, daß diese vielmehr meist ehemals weit in Deutschland verbreitet gewesen sind und dann durch die Ungunst der Verhältnisse den größten Teil ihres deutschen Areales eingebüßt haben. Die Zeit ihrer weiten Ausbreitung in Deutschland muß ein so ungünstiges Klima gehabt haben, daß Deutschland in allen Richtungen von weiten baumfreien oder nur wenige Bäume und auch keine hohen Gesträuche oder ausgedehnten Bestände hoher Stauden tragenden Strichen durchzogen war. Es läßt sich aus der Verbreitung dieser Elemente in Deutschland weiter deutlich erkennen, daß sich ein erheblicher Teil von ihnen nach jener für sie ungünstigen Periode von neuem in Deutschland mehr oder weniger weit ausgebreitet hat, daß aber die Neuausbreitung keines Elementes in einer Zeit stattgefunden hat, die klimatisch der Zeit der weiten Ausbreitung dieser Elemente in Deutschland glich oder auch nur sehr ähnlich war. Die Neuausbreitung eines Teiles dieser Elemente in Deutschland fällt zwar in Zeiten mit kühlen Sommern, doch können diese nicht entfernt so kühl gewesen sein wie die der Zeit der weiten Ausbreitung dieser Elemente; die Neuausbreitung der übrigen Elemente hat sogar in Zeiten mit warmen Sommern oder in Zeiten mit warmen Sommern und in solchen mit kühlen Sommern stattgefunden. Zweifellos hat sowohl die Neuausbreitung dieser wie die jener Elemente mindestens eine einmalige Unterbrechung erfahren, während der ein Teil des vorherigen Areales wieder zerstört wurde. Hieraus läßt sich auf neue für die Elemente dieser Gruppe ungünstige Zeiten schließen. Es hatte offenbar ein Teil der Elemente in Zeiten mit warmen Sommern, ein anderer in Zeiten mit kühlen Sommern, der Rest sowohl in Zeiten mit warmen Sommern als auch in Zeiten mit kühlen Sommern zu leiden. Es läßt sich das Vorhandensein zweier Zeitabschnitte mit kühlen Sommern sehr deutlich erkennen,

1) Diese Untergruppe umfaßt die Elemente, die ihre Hauptverbreitung in kälteren Gegenden als die anderen haben.

während sich nur ein Zeitabschnitt mit warmen Sommern deutlich erkennen läßt.

Es sind vier Abschnitte der Periode der Erdgeschichte, in der wir leben, der Pleistozänzeit, nämlich die vier von PENCK unterschiedenen Eiszeiten, bekannt, in denen in Deutschland offenbar ein Klima, wie wir es der Zeit der weiten Verbreitung der Elemente der ersten Gruppe in Deutschland zuschreiben müssen, geherrscht hat. Wahrscheinlich fällt die weite Verbreitung in die letzte dieser vier Perioden, PENCKs Würmeiszeit. Wahrscheinlich ist diese Eiszeit auch die Zeit, wo sich die Mehrzahl jener Elemente in Deutschland angesiedelt hat, und die älteste Zeit, aus der sich in Deutschland solche Elemente ununterbrochen bis zur Gegenwart erhalten haben. Die beiden vorausgehenden Eiszeiten waren zwar erheblicher als die Würmeiszeit, und in ihnen lebten in Deutschland sicher zahlreiche Arten mit der klimatischen Anpassung der Elemente der ersten Gruppe. Es hat sich von diesen Arten aber wohl keine seit jener Zeit dauernd in Deutschland erhalten; sie sind vielmehr sämtlich später wieder aus Deutschland verschwunden, die letzten wahrscheinlich in einer zwischen die dritte und die vierte Eiszeit fallenden Zeit mit heißen und trockenen Sommern sowie in der vierten Eiszeit selbst.

Offenbar folgt ein Zeitabschnitt mit trockenen, heißen Sommern, doch nicht so extrem wie der der vierten Eiszeit vorausgehende, auf diese Eiszeit[1]). Hauptsächlich wohl in diesem Zeitabschnitte[2]) sind die großen Areallücken der Elemente der ersten Gruppe entstanden. Ein Teil dieser Elemente blieb damals in

1) Wie in der zweiten Abhandlung über diesen Gegenstand näher dargelegt ist, folgen auf die von mir als fünfte Eiszeit bezeichnete Periode noch mehrere Perioden, in denen das Sommerklima Deutschlands feuchter und kühler als in der Gegenwart war. Die erste dieser feuchten Perioden war die längste und klimatisch am meisten von der Gegenwart abweichende, die folgenden waren je näher der Gegenwart desto kürzer und wärmer. Jeder dieser feuchten Perioden ging eine Periode voraus, in der in Deutschland die Sommer heißer und trockener als gegenwärtig waren. In Länge und Abweichung vom Klima der Gegenwart entsprechen die einzelnen dieser trockenen Perioden den ihnen folgenden feuchten Perioden. Da nun die Eiszeiten offenbar verstärkte feuchte Perioden sind, so ist es sehr wahrscheinlich, daß jeder von ihnen eine trockene Periode vorausgeht, und daß diese trockenen Perioden länger sind und klimatisch mehr von der Gegenwart abweichen als die der fünften Eiszeit folgenden trockenen Perioden.

2) In diesem Zeitabschnitte haben sich zahlreiche östliche Einwanderer in Westeuropa angesiedelt.

Deutschland offenbar nur im höheren Gebirge erhalten. Die übrigen haben sich damals auch oder sogar ausschließlich in niedrigerer Lage erhalten, in dieser aber meist nur an kühlen und gegen Konkurrenten geschützten Örtlichkeiten; einige von ihnen z. B. nur auf schwermetallhaltigem Boden, an den sie sich z. T. so angepaßt haben, daß sie später nicht oder nur sehr schwer auf anderen Boden übersiedeln konnten. Wohl alle damals in Deutschland lebenden Elemente der ersten Gruppe haben sich in jenem Zeitabschnitte an das in ihm herrschende Klima angepaßt, zum Teil nur unbedeutend, zum Teil in höherem Maße. Manche der letzteren so erheblich, daß sie imstande waren, sich nach dem Höhepunkte jenes Zeitabschnittes, vorzüglich wohl in der sich offenbar unmittelbar an jenen Zeitabschnitt anschließenden Zeit, die zwar auch recht trocken war und heiße Sommer hatte, deren Winter aber warm waren[1]), von neuem mehr oder weniger weit auszubreiten. Auf diese Zeit scheint ein Zeitabschnitt gefolgt zu sein, wo sich Deutschland mit ausgedehnten üppigen Wäldern bedeckte, wodurch sicher das Areal vieler Elemente der ersten Gruppe nicht unerheblich verkleinert wurde. Dieser Zeitabschnitt ging wahrscheinlich ganz allmählich in die fünfte Eiszeit über.

In dieser Eiszeit drangen die Alpengletscher nach Norden wahrscheinlich wieder bis zum Alpenrande vor. Das nordische Eis drang damals in Deutschland von neuem ein und bildete bei seiner Maximalausdehnung die sog. Baltische Endmoräne. Über das europäische Klima zur Zeit des Höhepunktes dieser Eiszeit läßt sich, wie schon angedeutet wurde, etwas Bestimmtes noch nicht sagen. Es zeichnete sich offenbar durch kühle, niederschlagreiche Sommer aus, während die Winter im allgemeinen wahrscheinlich wärmer als gegenwärtig waren. In dem zwischen dem Alpeneise und dem nordischen Eise liegenden Gebiete wurde es wohl durch die vom Eise abfließenden trockenkalten Winde ungünstig beeinflußt. Wahrscheinlich war aber auch dieses Gebiet damals zum größten Teil mit Wald bedeckt, über dessen Zusammensetzung sich aber noch nichts genaueres sagen läßt.

In der fünften Eiszeit haben sich die deutschen Areale der Elemente der ersten Gruppe, die sich in bedeutenderem Maße an höhere Wärme angepaßt und dann ausgebreitet hatten — nachdem sie schon in der vorausgehenden Waldzeit eine Verkleinerung er-

1) Dieser Zeitabschnitt entspricht den nacheiszeitlichen warmen Perioden. Vgl. die 2. Abhandlung über diesen Gegenstand.

fahren hatten — meist wohl erheblich verkleinert. Einige dieser Elemente haben damals überall oder wenigstens strichweise ihre hochgelegenen Wohnstätten verloren, so daß sie gegenwärtig überall oder wenigstens strichweise den Eindruck von Ansiedlern warmer Zeiten machen. Hierzu trägt noch der Umstand bei, daß sie sich später, nach der fünften Eiszeit, wie diese Ansiedler verhalten — vorzüglich in der ersten heißen Periode[1]) eine Arealvergrößerung, in der ersten feuchten Periode[1]) eine Arealverkleinerung erfahren — haben.

Anders verhielten sich in der fünften Eiszeit die Elemente der ersten Gruppe, die sich nur unbedeutend an höhere Wärme angepaßt hatten. Von ihnen hat sich ein erheblicher Teil damals von neuem mehr oder weniger weit in Deutschland ausgebreitet. Diese Ausbreitung ist dann durch eine neue ungünstige Periode beendigt worden, in der das neuerworbene Areal dieser Elemente eine mehr oder weniger bedeutende Verkleinerung erfahren hat. Nach dieser ungünstigen Periode — offenbar der ersten heißen Periode[1]) — haben sich diese Elemente von neuem in Deutschland ausgebreitet. Spätere Änderungen der Größe ihrer Areale lassen sich nicht deutlich erkennen.

Die Elemente der ersten Gruppe, die sich in Deutschland nur strichweise bedeutender an höhere Wärme angepaßt hatten, haben sich später nur in diesen Strichen wie die Elemente dieser Gruppe, die sich in Deutschland allgemein bedeutender an höhere Wärme angepaßt hatten, sonst aber wie die zuletzt besprochenen Elemente dieser Gruppe verhalten.

In der fünften Eiszeit sind auch klimatisch den Arten der ersten Gruppe gleichende Phanerogamen in Deutschland eingewandert, vorzüglich im Norden am Eisrande in die vorgelagerten Striche Norddeutschlands, im Süden in das Alpenvorland. Manche dieser Arten lebten zur Zeit ihrer Einwanderung nicht in Deutschland; von diesen ist aber später ein erheblicher Teil wieder aus Deutschland verschwunden[2]). Wahrscheinlich sind nur wenige

---

1) Vgl hierzu die 2. Abhandlung über diesen Gegenstand.

2) Die Reste in den Glazialtonen dicht vor und hinter der Baltischen Endmoräne stammen wohl meist aus der fünften Eiszeit. Von den Arten, zu denen sie gehören, sind z. B. *Salix polaris*, *S. reticulata* und *Dryas octopetala* aus Norddeutschland wieder verschwunden. Die in größerer Entfernung südlich von der Baltischen Endmoräne in Nord- und Mitteldeutschland gelegenen Ablagerungen mit Resten solcher Phanerogamen stammen dagegen meist aus früheren Eiszeiten.

dieser Einwanderer vom Rande des nordischen Eises oder aus dem Alpenvorlande in das Innere Deutschlands eingedrungen; Näheres läßt sich hierüber aber nicht sagen.

Auch nach der fünften Eiszeit sind solche Phanerogamen in Deutschland, vorzüglich längs der Alpenströme, eingewandert. Die meisten von diesen Arten haben sich aber wohl schon vor Ausgang dieser Eiszeit in Deutschland angesiedelt.

---

15. A. Schulz: Die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands und seiner Umgebung (mit Ausschluß der Alpen), II.

(Eingegangen am 17. März 1912.)

Es läßt sich aus den Bedürfnissen, den Fähigkeiten und der Verbreitung der indigenen Arten der gegenwärtigen deutschen Phanerogamenflora sowie den heutigen klimatischen, den orographischen, hydrographischen und pedologischen Verhältnissen Deutschlands und seiner Umgebung schließen, daß die seit dem Ausgange des kältesten Abschnittes der fünften Eiszeit verflossene Zeit, die ich Nacheiszeit nennen will, in eine Anzahl Perioden zerfällt, die zum Teil durch ihre Länge und ihr Klima erheblich voneinander abweichen. Diese Perioden lassen sich in mehrere Reihen zusammenfassen, von denen die Reihen der trockenen, der warmen und der feuchten Perioden am meisten hervortreten.

Es hatte Deutschland in den trockenen Perioden ein trockneres Klima, heißere Sommer und kältere Winter als gegenwärtig, in den warmen Perioden ein wärmeres Sommer- und Winterklima als gegenwärtig, und in den feuchten Perioden ein feuchteres Klima, kühlere Sommer und mildere Winter als in der Gegenwart. Es lassen sich vier trockene Perioden erkennen, die zwei ersten sehr deutlich, die beiden anderen weniger deutlich. Die erste war die längste und wich klimatisch erheblich von der Gegenwart ab; jede folgende war bedeutend kürzer und klimatisch viel weniger von der Gegenwart verschieden als die vorausgehende. Feuchte Pe-

rioden lassen sich ebenfalls vier erkennen, die beiden ersten sehr deutlich, die beiden anderen weniger deutlich. Wie von den trockenen Perioden ist auch von den feuchten die erste die längste und klimatisch von der Gegenwart am meisten abweichende, und jede folgende bedeutend kürzer und klimatisch viel weniger von der Gegenwart verschieden als die vorausgehende. Warme Perioden lassen sich jedoch nur drei deutlich erkennen, von denen die erste die längste und wärmste, die dritte die kürzeste und am wenigsten warme ist. Bestimmteres läßt sich über das Klima der einzelnen dieser Perioden nicht sagen.

In die erste trockene Periode fällt die Ansiedlung der weitaus meisten Arten der zweiten Gruppe in Deutschland, die sich damals hier weit ausbreiteten. In der ersten feuchten Periode haben ihre deutschen Areale meist sehr große Lücken erhalten. Diese Arten haben sich in der zweiten trockenen Periode, in der sich vielleicht einige Arten der zweiten Gruppe in den Grenzstrichen Deutschlands angesiedelt haben, von neuem in Deutschland ausgebreitet, doch nur unbedeutend und zum Teil in anderer Anpassung an den Boden als bei ihrer Einwanderung, und haben dann in der zweiten feuchten Periode einen entsprechenden Arealverlust erlitten. Die dritte trockene und die dritte feuchte Periode sowie die vierte trockene und die vierte feuchte Periode haben nur unbedeutende spontane Änderungen der deutschen Areale dieser Arten herbeigeführt. In die dritte trockene Periode fällt aber offenbar die Ansiedlung des Ackerbau und Viehzucht treibenden Menschen in Deutschland, der von da ab die Entwicklung der Flora und Pflanzendecke Deutschlands erheblich beeinflußt hat. Mit der Ansiedlung des Ackerbau und Viehzucht treibenden Menschen in Deutschland beginnt hier die Ansiedlung der nicht indigenen Florenglieder.

In der ersten trockenen Periode haben sich offenbar die deutschen Areale der Arten der vierten Gruppe sehr verkleinert. Diese Arten haben sich in der ersten feuchten Periode von neuem ausgebreitet und dann in der zweiten trockenen Periode eine neue Arealverkleinerung erlitten. Die Arealveränderungen in den beiden letzten Paaren trockener und feuchter Perioden waren offenbar nur unbedeutend.

Die Ansiedlung der Arten der dritten Gruppe in Deutschland fand in der ersten warmen Periode statt. Diese Periode muß vor die erste feuchte Periode fallen; das läßt sich aus der Beschaffenheit eines Teiles der großen Lücken der deutschen Areale dieser

Arten deutlich erkennen. Dagegen läßt sich nicht mit gleicher Bestimmtheit entscheiden, ob die erste warme Periode vor die erste trockene Periode fällt oder auf diese folgt. Ich habe früher aus der Beschaffenheit eines Teiles der großen Lücken der deutschen Areale dieser Arten geschlossen, daß diese Lücken nur in einer sehr trockenen Periode entstanden sein könnten, und deshalb angenommen, daß die erste warme Periode vor die erste trockene Periode fiele. Ich halte auch noch heute diese Annahme für recht wahrscheinlich. Die geognostischen Bildungen des nördlicheren Europas scheinen allerdings mehr für die Annahme zu sprechen, daß die erste warme Periode auf die erste trockene Periode gefolgt sei; sie widersprechen der anderen Annahme aber durchaus nicht.

Die skandinavischen Ablagerungen lassen deutlich erkennen, daß zwischen die Zeit des Abschmelzens des Eises der fünften Eiszeit, über das sich zurzeit etwas Bestimmtes noch nicht sagen läßt, und die erste feuchte Periode eine warme Periode fällt. Skandinavien hob sich gegen Ende der fünften Eiszeit, in der es so tief lag, daß die Ostsee mit dem Weißen Meere und — durch Mittelschweden hindurch — mit der Nordsee in offener Verbindung stand, so erheblich, daß die Ostsee ihre offene Verbindung mit dem Weltmeere verlor und in einen Binnensee — den sog. Ancylussee — verwandelt wurde. Bei der weiteren Hebung Skandinaviens überflutete dieser See einen erheblichen Teil der Uferlandschaften der heutigen Ostsee; dann verkleinerte er sich, bis endlich ein bedeutender Teil des Ostseebeckens wasserfrei war. Gleichzeitig lag auch das Nordseebecken bis weit nach Norden hin größtenteils trocken da. Dann senkte sich Skandinavien von neuem. Die Ostsee, deren Becken sich wieder mit Wasser füllte, trat mit der Nordsee, deren Becken sich ebenfalls wieder mit Wasser füllte, in der Gegend ihrer heutigen Verbindungsstraßen mit dieser durch tiefe Meeresstraßen in Verbindung, worauf die neue Ostsee, die sog. Litorinasee, deren Wasser bis weit nach Norden hin sehr salzreich war, im Westen und Osten ihre Uferländer erheblich überflutete. In dieser Zeit, der Zeit der sog. Litorinasenkung, in der auch die Westküste Skandinaviens tiefer als heute lag, muß nicht nur in Skandinavien, sondern auch in Deutschland ein niederschlagreiches Klima geherrscht haben. Da sich Skandinavien in den letzten Eiszeiten gesenkt hat, so ist es sehr wahrscheinlich, daß es sich auch in der sog. Gschnitzzeit, der Zeit der bedeutendsten nacheiszeitlichen Vergrößerung der Alpengletscher, in der diese erheblich größer als gegenwärtig waren und in der auch das nordische Eis viel umfangreicher als gegenwärtig gewesen sein muß, gesenkt hat.

Da nun die Litorinasenkung die einzige erhebliche[1]) nacheiszeitliche Senkung Skandinaviens gewesen zu sein scheint, so ist es sehr wahrscheinlich, daß sie in die Gschnitzzeit, und somit, da diese offenbar mit meiner ersten feuchten Periode identisch ist, in meine erste feuchte Periode fällt. Diese Annahme entspricht offenbar auch den Tatsachen. Dem Maximum der Litorinasenkung ging, wie die Untersuchung der nacheiszeitlichen geognostischen Bildungen Skandinaviens lehrt, direkt eine längere Zeit voraus, in der in Skandinavien eine Reihe von Laubholzgewächsen, darunter vorzüglich der Haselstrauch, weiter als gegenwärtig nach Norden hin verbreitet waren. Etwas Genaueres läßt sich über das damalige skandinavische Klima nicht sagen, doch ist es sehr wahrscheinlich, daß es im ersten Abschnitte dieser Zeit, vor dem Beginne einer erheblicheren Senkung Skandinaviens, wärmere Sommer und Winter als das gegenwärtige skandinavische Klima hatte, daß jener Zeitabschnitt somit den klimatischen Charakter meiner warmen Perioden hatte, also offenbar mit einer von diesen identisch ist. Ich habe vorhin gesagt, daß eine warme Periode unmittelbar vor die erste feuchte Periode fällt, daß aber vor jene warme Periode vielleicht noch eine zweite, von ihr durch die erste trockene Periode getrennte warme Periode fällt. Die skandinavischen Verhältnisse sprechen anscheinend für das Vorhandensein nur einer — unmittelbar vor die erste feuchte Periode fallenden — warmen Periode. Ich glaube aber, daß man aus ihnen nur schließen kann, daß eine warme Periode unmittelbar vor die erste feuchte Periode fällt, aber nicht, daß eine solche Periode nicht auch vor die erste trockene Periode fällt. Die Ablagerungen dieser ersten warmen Periode könnten ja zum größten Teile in der ersten trockenen Periode zerstört worden sein; der Rest würde sich nicht von denen der zweiten warmen Periode unterscheiden lassen[2]).

Auch die übrigen geognostischen Bildungen des nördlicheren Europas bieten nichts zur Beantwortung dieser Frage. Das Vorkommen von Löß in der Schweiz auf unverwitterten Moränen, Schottern und Gletscherschliffen aus der fünften Eiszeit würde, wenn es sicher wäre, dafür sprechen, daß die Lößbildung bald

---

1) Die skandinavischen Forscher nehmen sogar an, daß die Litorinasenkung die einzige nacheiszeitliche Senkung Skandinaviens ist. Sie glauben, daß Skandinavien sich seit dem Maximum der Litorinasenkung nur, wenn auch sehr ungleich, gehoben habe.

2) Ein Teil der von skandinavischen Forschern als aus der Zeit vor der ersten feuchten Periode stammend angesehenen Laubholzreste stammt aus der Zeit nach dieser Periode.

nach dem Abschmelzen des Eises stattgefunden habe, und es würde, wenn der Löß, wie ich es seit langem annehme, sicher eine Bildung meiner zwischeneiszeitlichen und nacheiszeitlichen trockenen Perioden wäre, weiter dafür sprechen, daß die erste trockene Periode sehr bald auf das Abschmelzen des Eises gefolgt sei. Aber die Richtigkeit meiner Annahme, für die vor allem die Ergebnisse der Untersuchung der pleistozänen Travertine der Gegend von Weimar durch WÜST sowie die der nordamerikanischen Lößgebiete sprechen, wird fast allgemein bestritten, obwohl sich m. E. nichts Stichhaltiges gegen sie anführen läßt.

Eine weitere warme Periode muß zwischen die erste und die zweite feuchte Periode, eine noch spätere muß zwischen die zweite feuchte und die dritte feuchte Periode fallen. Über die zeitliche Stellung dieser warmen Perioden zu der zweiten und der dritten trockenen Periode läßt sich Bestimmteres nicht sagen. Ebenso läßt sich nicht erkennen, ob noch mehr warme Perioden vorhanden sind.

Auch die beiden anderen Periodenreihen enthalten vielleicht mehr Perioden als vorhin angenommen wurde. Es lassen sich aber auf dem eingangs angegebenen Wege zwei ungefähr gleiche Perioden desselben klimatischen Charakters, die durch eine Periode mit abweichendem klimatischem Charakter voneinander getrennt sind, nicht unterscheiden; ebenso lassen sich alle Perioden, die vor eine Periode desselben klimatischen Charakters fallen, aber klimatisch weniger als diese von der Gegenwart abweichen, auf die angegebene Weise nicht erkennen. Auch auf die letzte der erkennbaren Perioden dieser Reihen folgende kürzere und unbedeutendere Perioden von demselben Charakter sind vielleicht vorhanden, lassen sich aber nicht erkennen, da sie die deutschen Areale der Arten der fünf Artengruppen nur ganz unbedeutend beeinflußt haben[1]).

Auf dem bezeichneten Wege läßt sich auch das Vorhandensein von Perioden mit dem klimatischen Charakter der Gegenwart nicht erkennen. Ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß solche Perioden — die eine vierte Periodenreihe bilden würden — zwischen

1) Es hat sich offenbar in der auf die letzte der feuchten Perioden folgenden Zeit — in der Jetztzeit — ein fortwährender Wechsel von kurzen trockneren und feuchteren Perioden vollzogen, doch gehören diese Perioden wohl nicht zu denselben Reihen wie die behandelten vier trockenen und vier feuchten Perioden. Vielmehr hat wahrscheinlich auch in diesen acht Perioden ein solcher Wechsel stattgefunden. Alle diese klimatischen Schwankungen waren aber viel zu unbedeutend, um erkennbare Spuren in der gegenwärtigen Flora und Pflanzendecke Deutschlands zu hinterlassen.

die feuchten Perioden und die trockenen Perioden fallen, an welch letztere sich wahrscheinlich in jedem Falle eine warme Periode anschließt, die direkt in eine feuchte Periode übergeht[1]). Vielleicht haben sich in den Perioden mit dem klimatischen Charakter der Gegenwart — wie sicher in der Jetztzeit — Arten der fünften Artengruppe mehr oder weniger weit in Deutschland ausgebreitet. Individuengruppenreihen von Arten dieser Gruppe sind auch in den Perioden der drei anderen Periodenreihen, vorzüglich in der ersten Periode jeder Reihe, in Deutschland eingewandert. Zahlreiche von ihnen haben wahrscheinlich in Deutschland in auf ihre Einwanderung folgenden für sie ungünstigen Perioden eine so bedeutende Änderung ihrer klimatischen Anpassung erfahren, daß sie sich später hier von neuem erheblich weiter ausbreiten konnten als die übrigen gleichzeitigen Einwanderer, vorzüglich als die meisten gleichzeitig eingewanderten Arten der zweiten, der dritten und der vierten Gruppe.

16. A. Nestler: Die hautreizende Wirkung des Cocobolo-holzes.

(Eingegangen am 21. März 1912.)

Durch die Freundlichkeit des Herrn J. ZIMMERMANN, kgl. Hofdrechslers in München, erhielt ich am 10. Februar d. J. unter anderem eine sehr schöne Holzprobe, die als sog. „Fose- oder Cocoboloholz“ bezeichnet war. ZIMMERMANN teilte mir mit, daß dieses Holz „Hautreizungen verursachen soll; die Ausschläge sollen schmerzhaft sein, jedoch sehr rasch wieder verschwinden“. In der Literatur konnte ich über irgendeine giftige Wirkung dieses Holzes keine Andeutung finden.

Im Gegensatze zu dem früheren von mir untersuchten Amberholze (*Liquidambar styraciflua* Tr.) ist der direkte Nachweis einer starken hautreizenden Wirkung des Cocoboloholzes durch Benutzung feinen Sägemehles sehr leicht möglich und einige Male

1) Die trockenen Perioden mit den zugehörigen warmen Perioden bezeichne ich als heiße Perioden. Die feuchten Perioden nenne ich gewöhnlich wegen ihrer kühlen Sommertemperaturen kühle Perioden.

mit gleichem Erfolge geführt worden. Nach den von mir gemachten Erfahrungen werden die Arbeiter, die dieses Holz zu bearbeiten haben — es wird für eingelegte Arbeiten und zur Herstellung von Bürstendeckeln verwendet —, gewiß sehr oft durch die Einwirkung dieses Holzmehles zu leiden haben; denn die Folgen dieser Infektion sind durch starkes Jucken namentlich während der Nacht, also genau so wie bei der Primeldermatitis, sehr unangenehm.

Dieses orangerote, im Wasser sofort untersinkende, mit sehr auffallenden schwarzen Streifen ausgezeichnete Holz stimmt in seinen allgemeinen Eigenschaften und seinem mikroskopischen Charakter mit jenem Holz überein, das K. WILHELM als Cocoboloholz in „WIESNER, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches II B, S. 911", näher beschreibt.

Der Name deutet auf die im tropischen und subtropischen Amerika einheimische Polygonaceengattung *Coccoloba* L. hin, von der einige Arten sog. Eisenholz liefern.

Doch ist bisher die genaue Bestimmung der Art meines Wissens nicht gelungen.

Woher der Name „Fose" stammt, konnte ich nicht ermitteln.

Aus der mikroskopischen Charakteristik sei nur hervorgehoben, daß die Wände der Zellen und Gefäße schön goldgelb, in den dunklen Zonen des Holzes rot erscheinen. Die bis 0,17 mm breiten Gefäße sind erfüllt von einem rotbraunen Inhalt, der nach meinen Beobachtungen an isolierten Fragmenten derselben von glasiger Beschaffenheit ist und scharfkantigen, muscheligen Bruch zeigt; selbst nach 24stündigem Liegen in absol. Alkohol erscheint er unverändert. Mit Ausnahme dieses Gefäßinhaltes wird der gelbe oder rote Inhalt der Parenchymzellen und Fasern durch Alkohol vollständig gelöst, so daß nach dieser Behandlung eines Schnittes der anatomische Aufbau sehr deutlich wird. — Nach Zusatz von wässeriger Eisenchloridlösung zu einem Schnitte färbten sich sowohl der Zellinhalt als auch die Zellwände allmählich schwarzbraun. — In der Nähe der Markstrahlen fand ich hier und da Kristallkammerfasern mit einem großen Kristall oxalsauren Kalkes in jeder Kammer.

Daß das Cocoboloholz hautreizend wirken kann, ist, wie gesagt, unschwer nachzuweisen. Man braucht nur eine kleine Menge feinen Sägemehles mit englischem Pflaster auf einer empfindlichen, vorher mit Wasser ein wenig angefeuchteten Hautstelle, etwa an der Innenseite des Unterarmes, an den Seitenflächen der Finger oder an der Verbindungshaut an der Basis zweier Finger einige Stunden festzuhalten, um nach einiger Zeit die deutliche Wirkung

derselben zu bemerken. — Zwei solche Versuche sollen kurz geschildert werden.

Am 25. Februar wurde eine kleine Menge feinen Holzmehles auf die innere Seitenfläche des kleinen Fingers der linken Hand aufgetragen und etwa 8 Stunden lang festgehalten. Bereits am nächsten Tage zeigte sich eine gerötete Fläche, auf der erst am 29. Februar 6 kleine rote Papeln sichtbar wurden. Während der Nacht starkes Jucken. Am 2. März, also nach 6 Tagen nach erfolgter Infektion, hatte sich die Rötung etwas ausgebreitet und die Zahl der Papeln auf 12 vermehrt. — Keine Empfindung. — Am 4. März war die bereits etwas verblaßte Hautstelle noch deutlich zu erkennen.

Weit empfindlicher war ein Versuch (23. Februar) auf der Hautstelle zwischen zwei Fingern. In der folgenden Nacht sehr starkes Jucken, das den Schlaf störte. Es zeigten sich in den folgenden Tagen zahlreiche rote, erhabene Punkte; erst am 3. März begann eine leichte Abschuppung.

Zwei weitere Versuche mit den gleichen Erfolgen bestätigten diese Erfahrungen. Es kann somit keinem Zweifel unterliegen, daß ein Arbeiter beim Bearbeiten dieses Holzes sehr leicht infiziert werden kann. Beim Arbeiten namentlich an wärmeren Tagen transpiriert der Körper sehr leicht, so daß feine Holzteilchen an den Händen, Armen und im Gesicht haften bleiben und gewiß öfters stundenlang auf die Haut wirken können, falls sie nicht rechtzeitig durch Waschen wieder beseitigt werden.

Man könnte nun daran denken, daß diese Hauterkrankung möglicherweise auf einer mechanischen Reizung beruht, hervorgerufen durch jene scharfkantigen, braunen Inhaltsfragmente der Gefäße, die ich bereits oben erwähnt habe. Diese Fragmente, die mitunter schon mit einer guten Lupe, seltener auch mit unbewaffnetem Auge eben noch sichtbar sind, könnten in der Haut sich festsetzen und einen beständigen Reiz ausüben, durch den kleine Entzündungen verursacht werden. — Diese Annahme ist jedoch nicht wahrscheinlich, da dieses Holz eine Substanz enthält, die durch ihre physiologische Wirkung auf die Haut Entzündung verursacht, wie aus den folgenden Versuchen ersichtlich ist. Bei diesen Experimenten sind jene Fragmente des Gefäßinhaltes vollständig ausgeschlossen.

1. Feines Sägemehl wurde mit kaltem, destilliertem Wasser durch 24 Stunden extrahiert; das Filtrat ist eine schwach gelbliche Flüssigkeit, nach deren Verdunsten im Exsiccator eine gelblichbräunliche Kruste im Uhrschälchen zurückbleibt. Diese Kruste zeigt

bei mikroskopischer Betrachtung hier und da undeutliche Körnchen, keine Kristalle; sie gibt keine Zuckerreaktion.

Am 27. Februar wurde eine kleine Menge dieser Kruste auf den linken Unterarm übertragen und mit englischem Pflaster durch 12 Stunden festgehalten. Die betreffende Hautstelle wurde mit einem Tuschringe genau bezeichnet und jedes Waschen derselben unterlassen. Der Erfolg war mir insofern sehr interessant, als erst nach 7 Tagen das erste deutliche Zeichen einer Wirkung sichtbar wurde: eine der Größe des aufgelegten Objektes entsprechende, polsterartig gewölbte Hautstelle. (Diese auffallend lange Zeit vom Beginne des Versuches bis zur ersten deutlichen Wahrnehmung der Wirkung erinnert sofort an meine gemachten Beobachtungen bezüglich der Wirkung des Primelhautgiftes: in einem Falle dauerte es 10 Tage von der Infektion bis zum Beginne einer Dermatitis, die sich nachher sehr heftig entwickelte[1]). — Die weitere Entwicklung war die gleiche wie bei den direkten Versuchen mit Holzmehl; noch am 14. März war die infizierte Stelle genau sichtbar.

2. Viel energischer wirkt der Rückstand nach dem Verdunsten eines alkoholischen Extraktes.

Feines Sägemehl wurde 24 Stunden lang mit absol. Alkohol extrahiert; das Filtrat ist klar, blutrot. Der Rückstand nach dem Verdunsten des Alkohols zeigt am Rande des Schälchens zahlreiche größere, blutrote Tropfen von klebriger Beschaffenheit. Überträgt man einen solchen Tropfen auf einen Objektträger, so sieht man bei mikroskopischer Betrachtung, daß er aus einer homogenen, gelbbraun erscheinenden Grundsubstanz besteht, in der sehr kleine Körnchen eingesprengt sind. — Der weitaus größere Teil des Schälchens — sein Boden bis etwa 1 cm vom Rande entfernt — scheint farblos zu sein, enthält jedoch, wie die mikroskopische Betrachtung nach Übertragen auf einen Objektträger zeigt, auch den Farbstoff des Holzes in sehr dünner Schicht und eingesprengte kleine Körnchen.

Mit diesem Rückstande wurden 3 Versuche in der bekannten Weise gemacht, um seine hautreizende Wirkung zu erproben: alle mit raschem, positivem Erfolge.

Am 17. Februar: Versuch am linken Unterarm. Nach 8 Stunden der Einwirkung einige kleine rote Papeln; kein Gefühl.

18. Februar: Die Papeln treten deutlicher hervor und sind stärker gerötet.

---

1) A. NESTLER, Hautreizende Primeln. 1904, Seite 17.

19. Februar: In der Nacht heftiges Jucken, das auch am folgenden Tage sich unangenehm bemerkbar macht und bis zum 23. Februar öfters auftritt. — Die infizierte Stelle verblaßt allmählich, ist jedoch noch viele Tage als blaßgelblicher Fleck sichtbar, bis endlich die Abschuppung beginnt.

Zwei weitere Versuche wurden an den Fingern der linken Hand angestellt: die Wirkung war nach 15 Stunden deutlich bemerkbar; erst nach 19 Tagen schuppte sich die Haut ab.

3. Holzmehl mit Benzol 2 Tage lang extrahiert; das Filtrat ist sehr schwach gelblichbraun gefärbt; der Rückstand nach dem Verdunsten des Benzols rötlichgelb, feinkörnig; zwischen den Körnchen kleine, farblose Tröpfchen. Zwei Versuche. Bereits am nächsten Tage stark gerötete Hautstellen; Bildung von Papeln; langsame Entwicklung derselben; nach 11 Tagen Abschuppung.

Nach den Ergebnissen der unter 1, 2 und 3 geschilderten Versuche kann es keinem Zweifel unterliegen, daß das Cocobolholz eine hautreizende Substanz besitzt und daß diese Substanz in Wasser, Alkohol und Benzol löslich ist. Die Löslichkeit ist, nach der Wirkung zu urteilen, in Wasser bedeutend geringer als in Alkohol und Benzol.

Daß in den für diese Versuche verwendeten Rückständen nach dem Verdunsten der Lösungsmittel neben der giftigen Substanz noch ein oder mehrere andere Stoffe vorhanden sind, ist sehr wahrscheinlich. Eine mikrochemische Untersuchung derselben hat daher von vornherein wenig Aussicht auf Erfolg; es wird vielmehr nun die Aufgabe des Chemikers sein, einen solchen Extrakt zu analysieren und mit den gewonnenen Stoffen Versuche in der Richtung anzustellen, ob sie auf der Haut eine Wirkung auszuüben vermögen.

Wie weit auch die mikrochemischen Eigenschaften einen Schluß gestatten, geht aus den folgenden Untersuchungen hervor, die ich mit dem Rückstande jenes Benzolextraktes anstellte, der zu den unter 3 beschriebenen Versuchen diente. Dieser Rückstand hat sicher die hautreizende Substanz in größerer Menge; andererseits stört hier der Farbstoff, der nur in geringer Menge vorhanden ist — der Extrakt ist nur schwach gelblich gefärbt — viel weniger als bei dem blutroten alkoholischen Extrakte. — Kleine Mengen der Kruste wurden vom Uhrschälchen abgeschabt, auf einen Objektträger gebracht und verschiedene Lösungsmittel zugesetzt:

Wasser (kalt): ein kleiner Teil löst sich sehr langsam in gelben Tropfen; erst nach 1 Stunde sieht man einen deutlichen Erfolg; die einzelnen Krustenteilchen vereinigen sich zu einer rotbraunen, unlöslichen Masse, die von gelben Tröpfchen durchsetzt ist; am Rande dieser Masse zeigen sich größere, gelbe Tropfen.

Wasser (heiß): die teilweise Lösung in gelben Tropfen geht etwas rascher vor sich.

Alkohol: löslich mit gelber bis gelbbrauner Farbe; es scheiden sich sofort zahlreiche, farblose, von Bläschen durchsetzte Tropfen ab, die in der Lösungsflüssigkeit schwimmen und sich nicht weiter verändern.

Eisessig: löslich mit orangegelber Farbe; Ausscheidung von farblosen Tropfen, wie bei Alkohol.

Chloralhydrat in Wasser: löslich. Ausscheidung von Tropfen wie bei Alkohol.

Äther: sofort vollständig löslich mit gelber bis gelbbrauner Farbe.

Kalilauge (5proz.): leicht löslich mit blutroter Farbe; in der Lösungsflüssigkeit schwimmen farblose Tropfen.

Konz. Schwefelsäure: die Masse färbt sich dunkelrotbraun, manche Stellen erscheinen schwarz; ein Teil wird blutrot gelöst.

Chloroform: sehr leicht löslich mit gelbbrauner Farbe.

Terpentinöl: löslich.

Nelkenöl: löslich.

Schwefelkohlenstoff: ein Teil wird mit gelber Farbe gelöst; der Rest quillt nur auf und erscheint orangegelb.

Eisenchlorid in Wasser: ein kleiner Teil löst sich; es zeigen sich größere, gelbe Tropfen wie bei Zusatz von Wasser; keine erkennbare Schwärzung. (Ein einfacher Versuch in der Eprouvette zeigt jedoch deutliche Gerbstoffreaktion.)

Alkannatinktur: Lösung wie bei Alkohol; Färbung der Tropfen unbestimmt.

Osmiumsäure: die wie nach Zusatz von Wasser allmählich sich zeigenden Tropfen sind nicht gelblich, sondern grünlichgrau.

Auf dem Objektträger erhitzt, schmilzt die Substanz sehr leicht zu einem rotbraunen Tropfen zusammen.

Nach den beobachteten Lösungsverhältnissen könnte man vielleicht urteilen, daß die Hauptmasse jenes Rückstandes wahrscheinlich eine harzartige Substanz sei. Da jedoch Harz in Wasser

unlöslich, die hautreizende Substanz des Cocobolo holzes dagegen zum mindesten teilweise in Wasser löslich ist, käme einem Harze bezüglich einer giftigen Wirkung hier keine Bedeutung zu. — Berücksichtigt man die Reaktion nach Zusatz von Osmiumsäure, ferner den Umstand, daß die fragliche, hautreizende Substanz wenigstens in geringer Menge in Wasser löslich, ferner in Benzol, Alkohol und wahrscheinlich auch in Äther leicht löslich ist, so wäre es denkbar, daß hier vielleicht ein ätherisches Öl vorliegt. Der bekannte Nachweis eines ätherischen Öles mittelst Salzsäuredämpfen gelang mir jedoch weder bei Holzschnitten noch bei jenem Rückstande. — Ob vielleicht die hautreizende Substanz an die im wässerigen alkoholischen und Benzolextrakte leicht nachweisbare Gerbsäure gebunden ist, muß gleichfalls erst durch weitere Untersuchungen entschieden werden.

Prag, am 20. März 1912.

17. Eduard Gruber: Einige Beobachtungen über den Befruchtungsvorgang bei Zygorynchus Moelleri Vuill.

(Mit Tafel IV.)

(Eingegangen am 18. März 1912.)

Der von VUILLEMIN[1]) unter dem Namen *Mucor heterogamus* erstmals beschriebene *Zygorynchus heterogamus* Vuill. und der ihm sehr nahe verwandte, wohl nur durch etwas gedrungeneren und kleineren Bau von ihm verschiedene *Zygorynchus Moelleri* Vuill. wurden von BLAKESLEE[2]) und LENDNER[3]) näher untersucht. Da sich diese Untersuchungen jedoch im wesentlichen auf die äußeren Vorgänge beschränkten, erschien es wünschenswert, auch das Verhalten des Plasmainhalts bei der Zygosporenbildung einer näheren Betrachtung zu unterziehen.

1) P. VUILLEMIN, Sur un cas particulier de la conjugaison de Mucorinées. Bull. Soc. bot. de France. Sér. 2 T. VIII. 1886.

2) A. F. BLAKESLEE, Sexual reproduction in the Mucorineae. Proceedings of the Americ. Ac. of Arts and Sc. Vol. XI N. 4. 1904.

3) ALF. LENDNER, Les Mucorinées de la Suisse. Matériaux pour la Flore Cryptogamique suisse. Vol. III Fasc. 1. Berne 1908.

Das lebende Sporenmaterial und z. T. auch fixierte Kulturen (*Z. heterogamus*) waren mir von Herrn Prof. P. CLAUSSEN in Berlin in dankenswerter Weise überlassen worden.

Die Kulturen wurden auf Agar-Agar-Nährsubstrat[1]) in PETRI-schalen bei Zimmertemperatur und vor direktem Sonnenlicht geschützt[2]) gezogen. 2—3 Tage nach der Aussaat traten die ersten Sexualzellen auf. Teile der Pilzrasen wurden dann in kurzen zeitlichen Zwischenräumen in Zinkchlorid-Eisessig[3]), das die besten Resultate ergab, fixiert und auf diese Weise die verschiedensten Entwicklungsstufen erhalten. Dann wurde das Material in Paraffin eingebettet und in 5—10 μ dicken Schnitten mit HEIDENHAIN-schem Eisenalaun-Haematoxylin gefärbt.

Außerdem wurde bei *Zygorynchus Moelleri* die Entwicklung der Sexualsporen auch am lebenden Pilz unter dem Mikroskop verfolgt. Diese entstehen, wie auch BLAKESLEE angibt, meist durch Vereinigung des Endstücks einer aufrechten Lufthyphe mit einem Seitenast derselben Hyphe, welcher direkt unter einer das Endstück abtrennenden Querwand aussproßt (Fig. 1). Öfters (besonders bei *Z. heterogamus*) findet jedoch auch eine Vereinigung zwischen entfernteren Hyphen statt. BLAKESLEE nennt die beiden Äste Zygophoren.

Der eine Ast, das Endstück der Hyphe, in welchem BLAKESLEE den männlichen Teil vermutete, ist wie unsere Beobachtungen ergeben haben, als der weibliche Ast zu bezeichnen. Der andere, seitliche und, wie wir sehen werden, männliche Ast wächst kräftiger und kann, wenn von einer entfernten Hyphe kommend, oft eine beträchtliche Länge erreichen. Er biegt sich, an seinem Ende all-

---

1) Agar-Agar . . . 1,5 g
Pepton . . . . 2,0 „
Traubenzucker . . 5,0 „
Leitungswasser . 91,5 „
(nach einem Rezept von CLAUSSEN).

2) Daß man in dieser Beziehung nicht allzuvorsichtig zu sein braucht, zeigte der Umstand, daß keimende Sporen, welche auf einer Objektträgerkultur über 3 Stunden lang dem intensivsten Sonnenlicht ausgesetzt waren, sich in ihrem Wachstum durchaus nicht beeinträchtigt zeigten. — Auch gegen kurze Einwirkung von absolutem Alkohol sind die ungeschlechtlichen Sporen unempfindlich.

3) Zn Cl . . . 2 g
Eisessig . . . 2 ccm
Alkohol . . . 50 „
dest. Wasser . 50 „
(nach JUEL, s. Flora Bd. 93, 1904, S. 56).

mählich keulenförmig anschwellend, gegen den weiblichen Ast zu und legt sich entweder mit seinem oberen Ende oder seitlich an diesen an.

An der Berührungsstelle entsteht, senkrecht zur Längsachse der weiblichen Hyphe, eine birnförmige Erhebung, der eine Progamet BLAKESLEEs, während das keulenförmige Ende des Seitenastes den anderen Progameten bildet (Fig. 2). Erfolgt die Berührung am männlichen Ast seitlich, so nimmt dieser oft eine steinbeilartige Form an (Fig. 3 u. 4).

Vereinzelt wurden zwei männliche Progameten an dem gleichen Zygophor und ein männlicher Progamet, der sich mit zwei weiblichen vereinigte, beobachtet (Fig. 5 u. 6).

Während nun BLAKESLEE vermutete, daß in jedem Progameten eine Querwand angelegt werde und auf diese Weise die beiden Gameten entstünden, worauf nach Auflösung der Zwischenwand der Inhalt der beiden Gameten sich zur Zygote vereinige (also z. B. entsprechend dem Vorgang bei *Sporodinia*)[1]), ergaben unsere Beobachtungen ein etwas abweichendes Resultat. Nur der weibliche Progamet wird nämlich durch eine Wand gegen seinen Zygophor abgeschlossen, während der männliche Progamet keine solche Trennungswand aufweist.

Bei der „Steinbeilform" wird manchmal die Spitze durch eine Wand abgetrennt (Fig. 8).

Der weibliche Gamet und der männliche Progamet wachsen nun rasch heran. Das Plasma ist in diesem Stadium in lebhafter Bewegung begriffen. Es ballt sich bald zusammen, bald fließt es wieder auseinander. Im weiblichen Gameten fließt es auch wohl für kürzere Zeit wellenförmig von der Verbindungsmembran zurück, während dasjenige des männlichen Progameten gegen diese Membran herandrängt.

Etwa in der Mitte des weiblichen Gameten, bald mehr basal-, bald apikalwärts, wird nun von der Peripherie aus eine Querwand angelegt (Fig. 7), die aber wohl nur in seltenen Fällen ganz zur Ausbildung gelangt, dagegen meist bald wieder aufgelöst wird. Die betreffende Stelle ist dann weiterhin noch eine Zeitlang als leichte Einknickung in der Außenmembran sichtbar, verschwindet aber dann in der reifen Zygote vollständig. Der Vorgang ist beim lebenden Objekt nur undeutlich zu sehen, kam jedoch

---

1) ED. GRUBER, Über das Verhalten der Zellkerne in den Zygosporen von *Sporodinia grandis* Link. Ber. d. D. Bot. Ges. 1901, Bd. XIX, 2.

bei den Schnitten immer wieder zur Beobachtung (s. Fig. 13, 15, 16 u. 17).

Am lebenden Objekt zeigte das von der Wandanlage basalwärts befindliche Plasma ein von dem übrigen etwas verschiedenes Verhalten, es war etwas weniger durchsichtig und nicht so stark in Bewegung.

Es wäre denkbar, daß zu dieser Zeit eine Differenzierung des Zellinhalts in einen vegetativen und einen generativen stattfände, wobei der von der angelegten Wand basalwärts befindliche Teil den ersteren, der apicalwärts gelegene den letzteren bilden würde.

Im weiteren Verlauf der Entwicklung wächst nun die Außenmembran des weiblichen Gameten sichtbar heran, hier und dort vorübergehend Beulen bildend (Fig. 8). Zu dieser Zeit muß der unten näher zu beschreibende, beim lebenden Objekt leider nicht sichtbare Übertritt eines abgesonderten Teiles des männlichen Plasmas stattfinden. Dieses Plasmaklümpchen haben wir wohl als den männlichen Gameten anzusehen, wenn wir diese Bezeichnung beibehalten wollen.

Die befruchtete weibliche Zelle rundet sich nun ab, die Außenhülle bräunt sich und bedeckt sich mit Warzen (Fig. 9 und 10). Die reife Spore enthält reichlich Öl und andere Reservestoffe.

Betrachten wir nun das fixierte und gefärbte Material auf Schnitten von 5—10 μ Dicke, so finden wir in den Sexualhyphen einen stark färbbaren Inhalt, der bei den männlichen von mehr lockerer, bei den weiblichen von dichter Beschaffenheit ist. Zahlreiche sehr kleine Kerne sind darin ziemlich regelmäßig verteilt (Fig. 11).

Zu einem gewissen Zeitpunkt scheidet sich, wie schon oben erwähnt, in dem männlichen Progameten ein kleiner Teil des Plasmainhalts mit einer Anzahl von Kernen (etwa 20—30) von dem übrigen Plasma ab. Er differenziert sich beim Entfärben der Schnitte mit Eisenalaun sehr deutlich (Fig. 12). Dieses Plasmaklümpchen ist, wie schon gesagt, als der männliche Gamet anzusehen. Er legt sich an die Verbindungsmembran zwischen männlichem Progameten und weiblichem Gameten an (Fig. 13), löst sie an einer Stelle auf (Fig. 14) und tritt, amoebenartig, durch das so gebildete kleine Loch in den weiblichen Gameten über, worauf sich die Öffnung in der Membran rasch wieder schließt (Fig. 15, 16 und 17).

Der männliche Gamet bleibt nur noch kurze Zeit sichtbar (Fig. 18 u. 19) und vermischt sich dann mit dem Plasma des weiblichen Gameten.

Das genauere Verhalten der Zellkerne ist bei der Kleinheit der Objekte schwer zu konstatieren, doch dürfte es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß die männlichen Kerne kurz nach dem Übertritt in den weiblichen Gameten paarweise mit der entsprechenden Anzahl weiblicher Kerne verschmelzen (Fig. 18a), während die nicht zur Copulation gelangenden Kerne in der Zygote zugrunde gehen.

Ob diesen Vorgängen auch im weiblichen Gameten eine Differenzierung der Kerne in vegetative und generative vorangeht, wie oben angedeutet, bleibe dahingestellt, ebenso ob wir eine der Kernverschmelzung vorangehende Kernteilung (Reduktionsteilung) annehmen dürfen, wenn sich auch in den männlichen Gameten öfters kurz vor dem Übertritt Bilder fanden, wie das in Fig. 12a wiedergegebene, die eine Deutung auf Kernteilung (doppelte?) zuließen.

Die copulierten Kerne teilen sich hierauf wiederholt, wie aus der großen Anzahl der in den reifen Zygoten enthaltenen Kerne zu schließen ist.

Die Zygospore oder Oospore, wie wir streng genommen die Sexualspore von *Zygorynchus* auf Grund unserer Beobachtungen nennen sollten, wächst nach der Befruchtung rasch heran, wie wir schon am Lebenden gesehen haben. Die Bewegungen des Plasmainhalts hören dann bald auf, und das Plasma nimmt ein regelmäßiges maschiges Aussehen an (Fig. 20 u. 21). Die reife Spore ist von zwei Membranen, einer warzigen cutinisierten Außenhülle und einer feinen Plasmahaut umgeben und mißt im Durchmesser etwa 20—30 μ[1]). Die zahlreichen Kerne sind im Innern regelmäßig verteilt.

Was die Ausbildung von Querwänden in den Sexualhyphen anbelangt, so scheinen hier auch Feuchtigkeitsgehalt und Konzentration des Substrats mitzusprechen, wie bei der Entstehung der sehr häufigen Cysten oder Gemmen[2]). Das in Fig. 22 abgebildete Stück ist einer älteren Kultur mit austrocknendem Substrat entnommen.

---

1) LENDNER (a. a. O.) gibt für *Z. Moelleri* 20—54 μ, für *Z. heterogamus* 45—150 μ als Durchmesser der Zygosporen an.

2) s. G. KLEBS, Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. Jena 1896.

Die zahlreichen über Mucorineen erschienenen Arbeiten beschäftigen sich in der Hauptsache mit der morphologischen bzw. biologischen Untersuchung dieser Pilze, während wir von den inneren Vorgängen, speziell bei der sexuellen Fortpflanzung nur wenig wissen. Die wenigen Angaben beschränken sich außerdem fast nur auf die häufig vorkommende und leicht zu kultivierende Spezies *Sporodinia grandis* Link und sind unter sich sehr widersprechend.

Nach den Angaben von LÉGER[1]) befinden sich in der nach Auflösung der Trennungswand und Verschmelzung des ganzen Inhalts der beiden Gameten neugebildeten Zygote von *Sporodinia* zweierlei Kerne; zahlreiche kleine an der Peripherie und wenige größere zentral gelegene. Die Kerne verschwinden später, dagegen treten an den Polen der Zygote zwei große, ölgetränkte, sphärische, kleine kugelige Gebilde enthaltende Massen, von LÉGER „sphères embryonnaires" genannt, auf. Sie wachsen heran und verschmelzen miteinander. Hierauf sind wieder zahlreiche Kerne sichtbar.

DANGEARD[2]) und V. ISTVANFFI[3]) zweifelten an dem Vorhandensein dieser „Embryokugeln" und auch Verfasser[4]) konnte sie nicht wieder finden. Nach seinen Untersuchungen enthält die Zygote eine große Anzahl kleiner Kerne, die zu einem gewissen Zeitpunkt zum größten Teil an der Peripherie angesammelt erscheinen, während nur wenige im Zentrum zurückbleiben. In späteren Stadien sind sie wieder gleichmäßig durch den ganzen Plasmainhalt verteilt. Eine Kernverschmelzung konnte Verfasser seinerzeit nicht nachweisen.

DANGEARD[5]) nahm später die Untersuchungen über *Sporodinia* wieder auf und sieht nun die beiden Progameten als Gametangien an, welche eine große Anzahl Gameten enthalten, die bei der Zygotenbildung zu zwei und zwei verschmelzen. Er unterscheidet in der Zygote drei verschiedene Arten von Kernen. Die kleinsten sind die ursprünglichen Gameten, die von mittlerer Größe kurz

---

1) M. LÉGER, Structure et développement de la Zygospore du *Sporodinia grandis*. Revue Gén. de bot. 1895.

2) P. A. DANGEARD, Considérations sur les phénomènes de reproduction chez les Phycomycètes. Le Botaniste. Vol. IV, 1894/95.

3) G. v. ISTVANFFI, Über die Rolle der Zellkerne bei der Entwicklung der Pilze. Ber. d. D. Bot. Ges. 1895.

4) ED. GRUBER, a. a. O.

5) P. A DANGEARD, Le Botaniste sér. 3—6, 1906.

nach Verschmelzung der Gameten, die größten etwas ältere Copulationskerne. Die kleinen, hauptsächlich an der Peripherie angesammelten Kerne gehören Gameten an, welche nicht zur Copulation gelangen und nun degenerieren. LENDNER[1]) dagegen glaubt, daß diese peripher gelegenen Kerne die Bildung der Membran besorgen und nichts mit der Reproduktion zu tun haben. Er beobachtete auch Kernteilungen und unterschied außerdem zwei größere Kerne, die er als Sexualkerne deutet. Diese verschmelzen miteinander und liegen dann als größere Masse genau im Zentrum der Zygote. Trotz der beigegebenen Abbildungen ist es nicht leicht, sich die Vorgänge ganz klar vorzustellen, und sie scheinen uns immer noch weiterer Untersuchung bedürftig zu sein.

Bei *Mucor Moelleri* fand er nie einen Zentralkern, sondern nur eine Anzahl regelmäßig im Plasma verteilter kleinerer Kerne.

MOREAU[2]), der die Zygosporen von *Absidia Orchidis*, *Mucor hiemalis* und einigen *Zygorynchus*-Arten auf Schnitten untersucht hat, fand meist eine große Anzahl Kerne, worunter Doppelkerne, die er als in Verschmelzung begriffene und kleinere Kerne, die er als zerfallende deutet. Bei einer *Zygorynchus*-Art (der Speziesname ist nicht angegeben) sollen alle Kerne degenerieren bis auf vier, welche paarweise verschmelzen. Wie DANGEARD sieht er die beiden Progameten als Gametangien an. Bei *Zygorynchus Moelleri* scheint ihm das Verhalten der Zellkerne dem der andern von ihm untersuchten Arten ähnlich zu sein. Die von ihm abgebildeten Kernverschmelzungen gleichen den auf unserer Abb. 18a wiedergegebenen.

Vergleichen wir nun vorstehende Angaben mit unseren Beobachtungen, so finden wir beim Befruchtungsvorgang von *Zygorynchus* ein, gegenüber denjenigen von *Sporodinia*, ziemlich verschiedenes Verhalten, das entschieden mehr an die entsprechenden, bekannten Erscheinungen bei Saprolegniaceen und Peronosporaceen erinnert. Speziell ähneln die „männlichen Gameten" von *Zygorynchus* den seinerzeit von PRINGSHEIM[3]) in den Antheridien von *Achlya racemosa* beobachteten amoebenartigen Körperchen, welche, wie er angibt, in die Oosphaere übertreten und diese befruchten.

1) ALF. LENDNER, a. a. O.

2) F. MOREAU, Les phénom. intimes de la reprod. sex. chez quelques Mucorinées heterogames. Bull. Soc. Bot. de France. T. 58e. (4e Sér. T. XI) 1911.

3) N. PRINGSHEIM, Neue Beobachtungen über den Befruchtungsakt von *Achlya* und *Saprolegnia*. Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. XIV.

Wir dürften wohl nicht fehlgehen, wenn wir *Zygorynchus* eine Zwischenstellung zwischen Oomyceten und Zygomyceten anweisen. Während er mit den ersteren den Übertritt eines Teils des Plasmainhalts (Spermamoebe) einer männlichen Sexualhyphe (Antheridium) in eine weibliche (Oogonium) gemein hat, zeigt der ganze Habitus und die Ausbildung von Sporangien den Charakter einer Mucorinee.

Die vielen kleinen Varianten des Pilzes und die in den weiblichen Gameten zur Anlage gelangenden und dann wieder verschwindenden Querwände, ebenso das Fehlen von Querwänden an der Basis der männlichen Progameten, lassen die Vermutung zu, daß wir es hier mit einer in Umwandlung begriffenen Form zu tun haben.

Freiburg i. B., Januar 1912.

Erklärung der Tafel IV.

1.—4. und 7.—10. } Verschiedene Stadien der Zygotenbildung. Vergr. etwa 800.

5. Zwei männliche Progameten an demselben Zygophor in Vereinigung mit zwei weiblichen auf verschiedenen Hyphen sitzenden Progameten. Vergr. etwa 800

6. Ein männlicher Progamet in Vereinigung mit zwei weiblichen auf verschiedenen Hyphen sitzenden Progameten. Vergr. etwa 800.

11.—21. Verschiedene Stadien der Zygotenbildung. Vergr etwa 800.

12.—19. Übertritt des männlichen Gameten in den weiblichen. Vergr. etwa 800.

12a. Männlicher Gamet mit Kernteilungen (?). Vergr. etwa 1500.

18a. Kernverschmelzungen in der Zygote. Vergr. etwa 1500.

22. Querwandbildungen auf austrocknendem Substrat. Vergr. etwa 800.

18. W. Figdor: Zu den Untersuchungen über das Anisophyllie-Phaenomen.

(Eingegangen am 23. März 1912.)

BOSHART[1]) hat es in dem letzten Hefte dieser Berichte, nachdem er kurz den Inhalt seiner in der „Flora" erschienenen Arbeit[2]) rekapituliert hatte, für angezeigt gefunden, mir auf die Bemerkungen, die ich als Nachtrag meiner Mitteilung „Das Anisophyllie-Phaenomen bei Vertretern des Genus *Strobilanthes* Blume[3])" veröffentlicht hatte, zu antworten. Ich kann jedoch seine Ausführungen durchaus nicht als richtig anerkennen und muß, gewiß kein Freund einer Polemik, mich melden, weil man sonst glauben könnte, ich sei betreffs der Erscheinung der Anisophyllie nun eines Sinnes mit BOSHART.

Wie man sich das Zustandekommen der Ungleichblättrigkeit vorzustellen hat, ist mir infolge von Raummangel nicht möglich hier auseinanderzusetzen; es soll dies an anderer Stelle geschehen. Ich will nur kurz den Einwänden BOSHARTs mir gegenüber begegnen, damit man sich ein Urteil bilden kann, wer in dieser Sache recht hat.

BOSHART[4]) hat betreffs der Erscheinung der Anisophyllie bei der Gattung *Goldfussia* Folgendes erwähnt:

„1. Alle Blattpaare sind sehr stark anisophyll.

2. Die Sprosse erscheinen gegen den Muttersproß schief gekreuzt, so daß oben zwei Zeilen kleiner, unten zwei Zeilen großer Blätter zu stehen kommen.

3. Die unteren großen Blätter schließen einen Winkel ein von ungefähr 120 °, sie sind auseinandergerückt."

---

1) BOSHART, Über die Frage der Anisophyllie. Diese Ber. Bd. XXX (1912) S. 27 ff.

2) BOSHART, Beiträge zur Kenntnis der Blattasymmetrie und Exotrophie. Flora oder allgem. bot. Ztg. Bd. 103 (1911) S. 91—124.

3) FIGDOR, Das Anisophyllie-Phaenomen bei Vertretern des Genus *Strobilanthes* Blume. Diese Ber. Bd. 29 (1911) S. 549 ff. Betreffs der Nomenklatur vgl. Fußnote 5 auf S. 556 dieser Arbeit.

4) BOSHART, Flora S. 104.

Da ich[1]) gezeigt habe, daß Individuen von *Strobilanthes (Goldfussia) anisophyllus* T. Anders., aus Samen gezogen, sowohl im Keimlingsstadium wie auch noch darüber hinaus und zwar bis zu einer ziemlich bedeutenden Höhe[2]) (dieselbe schwankte zwischen 58 und 94 cm) isophyll, orthotrop waren, ferner, daß Seitensprosse, die in den Achseln der knapp oberhalb der Kotyledonen gelegenen Blätter entstanden waren, oftmals nur unvollständige Anisophyllie (das Phaenomen der Exotrophie) zeigten oder sogar auch nahezu gänzlich isophyll erschienen, war ich[3]) wohl berechtigt, zu sagen, daß die Ausführungen BOSHARTs selbst „betreffs des typischen *St. anisophyllus* nicht allgemein zutreffen". Daß auch manche andere *Goldfussia-(Strobilanthes-)*Arten sich betreffs des Anisophyllie-Phaenomens anders verhalten als BOSHART anführt, habe ich[4]) außerdem erwähnt.

BOSHART behauptet nun, ich hätte ihm vorgeworfen, „daß er die Beschreibung der isophyllen Sprosse unterlassen habe"[5]). Es ist mir nicht eingefallen dies zu tun, weil es hier ja gar nicht darauf ankommt, ob gleichblättrige Sprosse gelegentlich vorkommen, sondern es sich nur darum handelt, welche morphologischen Verhältnisse normale, aus Samen gezogene Pflanzen im Laufe der Individualentwicklung aufweisen. Daß BOSHART isophylle Sprosse bei *G.* (*St.*) *glomerata* hervorrufen konnte, daß er sie beschrieben und auch meine Beobachtungen betreffs *St. glomeratus* und *St. anisophyllus* zitiert hat, habe ich wohl gelesen. Nebenbei sei erwähnt, daß es mir nicht gelungen ist, vegetativ vermehrte Pflanzen von *St. anisophyllus* selbst bei bester Ernährung durch Ausbrechen der Seitenknospen isophyll zu machen resp. solchen Pflanzen orthotropen Wuchs aufzunötigen. Näheres diesbezüglich werde ich a. a. O. publizieren.

BOSHART[6]) vertritt den Standpunkt, daß „bei Formen wie *Goldfussia* die Anisophyllie durch die Sproßdorsiventralität zu erklären ist." Ich[7]) bin jedoch der Meinung, „man kann nur be-

1) FIGDOR, Diese Ber. l. c. S. 550 u. 555.

2) Die Kotyledonen waren in einem derartigen Entwicklungszustande schon längst aufgebraucht worden und sind abgefallen gewesen.

3) FIGDOR, l. c. S. 556.

4) FIGDOR, l. c. S. 556 u. 557. Vgl. auch FIGDOR: Die Erscheinung der Anisophyllie. Eine morphologisch-physiologische Studie. (Bei F. DEUTICKE in Leipzig u. Wien 1909), S. 98.

5) BOSHART, Diese Ber. S. 31.

6) BOSHART, Flora S. 122.

7) FIGDOR, Diese Berichte S. 557. In dem Zitate BOSHARTs erscheinen die Worte „hin zum Ausdrucke" weggelassen. Vgl. BOSHART, Diese Ber. S. 31.

haupten, daß die Spoßdorsiventralität u. a. durch die Anisophyllie nach außen hin zum Ausdrucke gelangen kann." BOSHART[1]) bemerkt nun, daß sich diese Ansicht fast wörtlich in seiner Arbeit (Seite 110) findet. Daß dem nicht so ist, erhellt daraus, daß BOSHART[2]) sagt: „Als Ursache der Anisophyllie müssen wir somit die dorsiventrale Natur des Vegetationspunktes bezeichnen, die sich in der Bildung eines ungleichseitigen Sprosses ausdrückt." Ein Mißverständnis meinerseits liegt hier wohl nicht vor, ich kämpfe nur dagegen, daß man ein morphologisches Verhältnis, in diesem Falle die Anisophyllie, durch ein anderes, die Sproßdorsiventralität, erklärt. Damit ist nichts getan, ebensowenig, wenn ich mit BOSHART[3]) sage, daß an dorsiventralen Organen Asymmetrie und Anisophyllie gleichfalls nur der Ausdruck der Gesamtasymmetrie sind." Es ist dies ja nur eine Kennzeichnung von morphologischen Verhältnissen und schließt deshalb gar nicht aus, daß in unserem Falle (i. e. bei *Strobilanthes*) die Lage dem Horizonte, eventuell auch der Abstammungsachse gegenüber die Ungleichblättrigkeit bedingt. Denn wenn ich sehe, daß einerseits die Jugendform von einer Art (z. B. von *St. anisophyllus*) isophyll ist und die Pflanze erst im Laufe der weiteren Entwicklung anisophyll wird, andererseits es im Experimente gelingt, die Ungleichblättrigkeit von durchaus anisophyllen Pflanzen, wie solche anfänglich nur bekannt waren, durch den Einfluß einer allseits gleichmäßig angreifenden Licht- und Schwerkraftswirkung bis zu einem gewissen Grade auszugleichen, so liegt es wohl nahe, diese Kräfte als Ursachen der Ungleichblättrigkeit anzusehen; man könnte höchstens annehmen, daß die Potenz, anisophyll zu werden, in jedem Sprosse während einer gewissen Entwicklungsperiode latent vorhanden ist und durch gewiss Momente ausgelöst werden kann, eine Sache, die sich leider nicht beweisen läßt.

Der Gegensatz in der Auffassung über das Zustandekommen der Anisophyllie zwischen BOSHART[4]) und mir besteht also darin, daß jener k e i n e n Einfluß der Lage wahrnehmen konnte, ich hingegen derselben wohl eine Bedeutung zuschreibe und zwar in demselben Sinne, wie dies WIESNER[5]) getan hat, indem nämlich einerseits die Lage der Abstammungsachse gegenüber ev. zu berücksichtigen

1) BOSHART, Diese Ber. S. 31.
2) BOSHART, Flora S. 110.
3) BOSHART: Flora S. 122.
4) BOSHART, Diese Ber. S. 31.
5) WIESNER, Über Trophieen nebst Bemerkungen über Anisophyllie. Diese Ber. Bd. XIII (1895) S. 491 ff.

ist und andererseits die durch die Lage dem Horizont gegenüber gegebenen Einflüsse (Licht, Schwerkraft u. a. m.) eine gewisse Rolle spielen.

Weiter beschwert sich BOSHART[1]) darüber, daß ich ihm „allzu große Verallgemeinerung" vorwerfe. In der Zusammenfassung seiner Arbeit schrieb nämlich BOSHART[2]) folgendes: Die „Dorsiventralität der Seitensprosse, als Exo- bzw. Endotrophie bezeichnet, kommt zustande durch eine Reizwirkung auf den Vegetationspunkt des betreffenden Sprosses, der Reiz scheint auf Schwächung zu beruhen; durch gute Ernährung läßt sich die dorsiventrale Natur des Vegetationspunktes in radiäre umwandeln. Einen Einfluß des Lichtes konnte ich nirgends finden, ebensowenig bei den untersuchten Formen einen solchen der Schwerkraft. Wie deutlich angegeben, bezieht sich das auf Seitensprosse, wodurch auch Pflanzen wie *Cyathophorum* u. a. von vornherein ausgeschlossen sind, da es sich hier stets um Hauptsprosse handelt, oder vielmehr kein Unterschied zwischen Haupt- und Seitentrieb besteht. Wie ich für diese Pflanzen die Dorsiventralität im Versuche fand, steht S. 101—103. Es hat also gar keine Verallgemeinerung stattgefunden, und FIGDOR konnte den Eindruck einer solchen nur bekommen und hervorrufen, indem er an der Stelle, wo er mich zitiert, einfach den Vordersatz, der die Einschränkung enthält, wegläßt." Hierzu möchte ich nur bemerken, daß es sich, woferne man z. B. *Strobilanthes* (*Goldfussia*) *anisophyllus* in Betracht zieht, zwar um Seitensprosse handelt, die aber zu relativen Hauptsprossen geworden sind und sich durch nichts von wirklichen Hauptachsen[3]) unterscheiden. Es liegen also ähnliche morphologische Verhältnisse vor, wie sie BOSHART für das Moos *Cyathophorum bulbosum* angibt, weshalb man nicht zusammenfassend schreiben kann: „Durch gute Ernährung läßt sich die dorsiventrale Natur des Vegetationspunktes in radiäre umwandeln", während für das eben erwähnte Moos gerade das Gegenteil gilt: „Ganz allgemein scheinen demnach ungünstige Bedingungen eine Hemmung der Dorsiventralität zu bedeuten"[4]).

Schließlich glaubte ich aus der Arbeit BOSHARTs[5]) einen Widerspruch herauszulesen, wenn er sich dahin äußert, daß er

---

1) BOSHART, Diese Ber. S. 32.

2) BOSHART, Flora S. 122 u. diese Ber. S. 32.

3) Infolge des Umstandes, daß es mir gelang *St. anisophyllus* aus Samen zu ziehen, konnte ich diese beschreiben. Vgl. FIGDOR, l. c. S. 550 ff.

4) BOSHART, Flora S. 122 u. S. 102.

5) BOSHART, Flora S. 122.

„einen Einfluß des Lichtes nirgends finden konnte, ebensowenig bei den untersuchten Formen einen solchen der Schwerkraft", nachdem er hinsichtlich letzterer auf Grund von Versuchen anderer geschrieben hat, „daß der Wirkung der Schwerkraft doch nur eine untergeordnete Rolle zukommt"[1]).

Was den Einfluß des Lichtes anbelangt, so hat Boshart wohl einen solchen bei dem Zustandekommen der Anisophyllie beobachtet[2]), nur gibt er der Erscheinung eine andere Deutung, als dies sonst geschieht. Da man sich über die wirklichen Verhältnisse nur dann ein Bild entwerfen kann, wenn zahlenmäßige Angaben vorliegen, so hielt ich es für wünschenswert, daß Boshart genau die Versuchsanstellung und zahlenmäßige Angaben betreffs seiner Versuchsergebnisse publiziert. Daraufhin antwortet nun Boshart[3]): „Tatsache nun ist, daß in meiner Arbeit (ausgenommen die Beobachtungen an *Ulmus* und *Fagus*, wo die Frage, ob symmetrisch oder asymmetrisch sehr leicht zu entscheiden ist), kein einziger Versuch steht, dem nicht die genauen Zahlenwerte der Resultate beigegeben wären." Wie die Tatsachen aussehen, auf die sich Boshart beruft, erhellt am besten daraus, wenn ich die Beschreibung Bosharts[4]) von im Dunkeln erwachsenen Sprossen von *Goldfussia*[5]) zitiere: „Anisophyllie und Asymmetrie der Blätter war keineswegs vermindert, sondern eher in verstärktem Grade aufgetreten, in einigen Fällen bis zur fast völligen Reduktion der Oberblätter." Boshart macht zudem noch ungenaue Angaben über den Einfluß der Lage auf die Ausbildung der Anisophyllie. So schreibt er[6]): „Irgendeine Beziehung zur Lage besteht nicht; es gelang, radiäre Sprosse zu erhalten auch bei sehr starker Neigung. So lag ein Sproß in seinem unteren Teil völlig horizontal, in seinem oberen 40 ° geneigt, andere besaßen eine Neigung von 30 °, 60 ° usw. und wurden trotzdem isophyll." Weder die Länge der Sprosse, die zu diesen Versuchen verwendet wurden, ist angegeben, noch, ob es sich um eingewurzelte Pflanzen oder um Seitensprosse von älteren Individuen handelt, ebensowenig das Ausmaß der in diesem Versuche aufgetretenen

1) Boshart, Flora S. 107.
2) Boshart, Flora S. 108.
3) Boshart, Diese Ber. S. 32.
4) Boshart, Flora S. 108.
5) Die Art, mit welcher Boshart experimentiert hat, wird nicht angegeben.
6) Boshart, Flora S. 112

Blätter und die Versuchsdauer, die wohl auch ausschlaggebend sein dürfte.

Ich überlasse es ruhig dem Urteile jedermanns, ob man da von zahlenmäßigen Angaben und einer genauen Beschreibung der Versuchsanstellung reden kann!

Biologische Versuchsanstalt in Wien.

---

19. W. Ruhland: Die Plasmahaut als Ultrafilter bei der Kolloidaufnahme.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 23. März 1912.)

In den folgenden Zeilen werden in aller Kürze einige Resultate von bereits abgeschlossenen Untersuchungen mitgeteilt, über welche alsbald an anderer Stelle ausführlich berichtet werden wird. Die Arbeit wurde durch frühere Studien des Verfassers, zum Teil auch durch die in botanischen Kreisen, wie es scheint, bisher nicht bekannt gewordenen capillarphysikalischen Untersuchungen GOPPELSROEDERs[1]) an Pflanzen veranlaßt, blieb dann anderer Studien wegen einige Zeit liegen, bis durch die neueren Mitteilungen von KÜSTER[2]) ein Anlaß zur Fertigstellung gegeben wurde.

1. Für die Aufnehmbarkeit sowohl der basischen wie der Säure-Farbstoffe in die lebende Pflanzenzelle bietet nicht die Lipoidlöslichkeit, die Dialyse in Wasser, das Molargewicht oder die Anzahl der Benzolkerne, sondern die Beweglichkeit der Farbstoffteilchen in konzentrierten, d. h. engporigen Gelen einen genauen Maßstab. Dies zeigte das Verhalten einer sehr großen Reihe von Farbstoffen und einiger anderer Kolloide in konzentrierten Gelatinelösungen, deren Zähigkeit zweckmäßig noch durch Zusätze (z. B. von Glycerin, Dextrose, gewissen Elektrolyten usw.) erhöht werden kann, und in anderen Gelen.

2. Diese überraschende Parallelität zeigt, daß lediglich die Größe der Teilchen kolloider Lösungen für ihre Aufnehmbarkeit

---

1) Kolloidzeitschrift, Bd. 6 (1910), S. 111; besonders S. 121 ff.

2) Jahrb. f. wiss. Botan., Bd. 50 (1911), S. 261.

entscheidend ist. Die Plasmahaut wirkt somit als „Ultrafilter“ in dem von BECHHOLD[1]) gebrauchten Sinne.

3. Die untersuchten Stoffe bilden „Lösungen“ sehr verschiedenen Charakters, von hochdispersen Systemen bis zu echten Suspensionen, meist suspensoïde oder lyophile Sole. Da die Teilchengröße in einer und derselben Lösung der Farbstoffe wie auch anderer Kolloide eine verschiedene ist, so können vielfach nur die kleinsten, nicht aber die größeren Teile derselben in die Zelle importiert werden. Zusätze verschiedener Art (Säuren, Basen, Salze) haben auf den Dispersitätsgrad oft sehr erheblichen Einfluß.

4. Adsorptionserscheinungen, entsprechend der großen Grenzfläche des „Filtriermaterials“, stören bei der gewählten Versuchsanstellung, auch wenn das betr. Kolloid den Charakter der Emulsoide hat, die Eindeutigkeit der beobachteten Tatsachen nicht. Dasselbe gilt von der Adsorption durch die Zellwandungen.

5. Ultramikroskopische Untersuchung bietet nach dem Gesagten für unsere physiologischen Zwecke keinen zuverlässigen Anhalt, da optisch „hochkolloide“ Lösungen (Methylgrün u. a.) gleichzeitig z. T. fast molekulardispers sein können. Die Fällbarkeit durch Elektrolyte gibt nicht einmal bei Suspensoiden stets einen brauchbaren Maßstab für den in Frage kommenden Dispersitätsgrad.

6. In vieler Beziehung bedeutungsvoll erwies sich dagegen das Verhalten bei der Kapillardiffusion in Fließpapier. Während gemäß ihrem elektrischen Charakter die positiven (basischen) Farbstoffe sofort an der Eintauchsgrenze ausgefällt werden[2]), vermögen die sauren mehr oder weniger mit ihrem Dispersionsmittel aufzusteigen. Tropfen wässeriger Lösungen derselben ergeben dementsprechend zwei Diffusionskreise, deren Durchmesserverhältnis sich für den Dispersitätsgrad als meist sehr charakteristisch erwies. Betrug der Quotient („Kapillarquotient“) unter 0,70, so erfolgte keine vitale Aufnahme des Farbstoffes.

7. Die Teilchen selbst der in Gelen diffusibelsten sulfosauren Salze sind wohl immer noch größer als die der meisten basischen Farben in neutraler Lösung. Der außerordentlich große Unterschied zwischen beiden Kategorien in der Geschwindigkeit der Aufnahme in die Zelle wird aber hierdurch nicht erklärt, sondern ist vor allem durch die Form ihrer Speicherung daselbst begründet, die bei Sulfosäuren nicht auf salzartiger Bindung be-

1) Vgl. u. a. Zeitschr. f. physikal. Chemie LX (1907), S. 257.
2) SAHLBOM, Kolloidchem. Beihefte II (1910), S. 79.

ruht. Darauf weist u. a. das Verhalten freier Sulfosäuren hin. Es handelt sich hier vielmehr um eine langsame Dispersitätsverminderung unter Einfluß der zelleignen Kolloide, also um eine Grenzflächenerscheinung. Daß hierneben für das schnelle Permeieren der Farbbasen etwa noch der anscheinend gewöhnlich elektronegative Charakter[1]) der Plasmahautkolloide eine Rolle spielt, erscheint ausgeschlossen.

7. Die für das Permeieren der Kolloide in Frage kommende Porenweite der Plasmahaut erscheint nach den bisherigen Versuchen vorläufig als eine konstante, ein für allemal gegebene Größe. Sie ist bei Pflanzen offenbar sehr gering. Nach den wenigen Erfahrungen, welche über tierische Zellen vorliegen, zu urteilen, scheint die Porengröße hier weit beträchtlicher zu sein[2]). Ob dieser Umstand auf einen durchgängigen fundamentalen Unterschied in den statischen Eigenschaften der Plasmagrenzhäute hinweist, bleibt demnach noch weiter zu untersuchen. Vielleicht spricht aber für das Vorhandensein solcher Unterschiede u. a. auch das, wie es scheint, grundsätzlich abweichende Verhalten[3]) bezüglich der Permeabilität für die hoch dissoziierten anorganischen Säuren.

---

1) Isolierte Zellen zeigen bei der elektrischen Überführung anodische Konvektion. Vgl. auch HÖBER, Physikal. Chemie der Zelle und Gewebe, 3. Aufl., S. 388.

2) Das dürfte aus den interessanten Ergebnissen HÖBERs (vgl. u. a. Biochem. Zeitschr. Bd. 20, 1908, S. 36) zu schließen sein, wonach von den Zellen der Nierenepithelien nur einige hoch disperse Suspensoide unter den Säurefarbstoffen von der Aufnahme ausgeschlossen bleiben. Vgl. auch das Verhalten von Nachtblau.

3) Für pflanzliche Zellen vgl. RUHLAND, Jahrb. f. wiss. Botan. Bd. 46, 1908, S. 36, für tierische s. u. a. BETHE, PFLÜGERs Archiv Bd. 127, S. 219, OVERTON, ebenda Bd. 92, 1902, S. 115 usw.

20. Alfred L. Heilbronn: Über Plasmaströmungen und deren Beziehung zur Bewegung umlagerungsfähiger Stärke.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 24. März 1912.)

Bei allen bisherigen Untersuchungen über die Umlagerungsfähigkeit der Statolithenstärke war man so zu Werk gegangen, daß man die betreffenden Organe in die gewünschte Lage brachte, nach Ablauf der ja annähernd bekannten Umlagerungsfrist fixierte und die Lage der Stärkekörner an Schnitten betrachtete. Diese Methode konnte natürlich nicht immer einen sicheren Aufschluß darüber geben, welchen Weg die Stärkekörner zurückgelegt hatten, um von einer Lage in die andere zu gelangen. Die Beantwortung dieser Frage war möglich, wenn es gelang, die Umlagerung der Statolithen direkt am lebenden Objekt zu beobachten. Die ersten Versuche in dieser Richtung führte ich mit *Vicia faba* und *Phaseolus multiflorus* aus, und zwar untersuchte ich sowohl Wurzelspitzen wie Stärkescheiden dieser Pflanzen. Die Resultate waren in beiden Fällen übereinstimmend, jedoch klarer bei den Zellen der Stärkescheide, die sich wegen ihrer langgestreckten Form für die Beobachtung besonders gut eigneten. Der Versuch wurde in folgender Weise ausgeführt: Ich fertigte Längsschnitte durch den Stengel in der Region der Gefäßbündel an, die so dick waren, daß mindestens eine durch den Schnitt nicht verletzte Zelllage sich in der Mitte befand. Die Präparate wurden auf dem horizontal umgeklappten Mikroskop am drehbaren Objekttisch befestigt. Untersuchte man die Schnitte in ihrer natürlichen, das heißt in der Lage, in der sie dem aufrechten Stengel angehört hatten, so fand man die Stärke in einer der Statolithentheorie entsprechenden Position auf den unteren Querwänden. Drehte man jetzt den Objekttisch um 180 Grad, so war erstaunlicherweise innerhalb der ersten 5—10 Minuten von einer Fallbewegung nichts zu sehen. Die Erfahrung lehrt doch aber, daß bei dem Umlegen ganzer Stengel und darauf folgender Fixierung eine annähernd vollständige Umlagerung der Stärkekörner schon nach 12—15 Minuten definitiv erfolgt ist. Hier tritt also offenbar bei dem Anfertigen der Schnitte ein Wundchok auf, der eine sofortige Umlagerung der Stärke hemmt. Nun ist es klar, daß die leblosen infolge ihres größeren spezifischen Gewichtes abwärts sinkenden Stärkekörner selbst durch einen Wundchok nicht beeinflußt werden können. Es ist

daher anzunehmen, daß durch die Verletzung eine Einwirkung auf das lebende Plasma stattgefunden habe, derart, daß für einige Zeit dessen Zähigkeit erhöht wird. Schon hier sehen wir, daß das Fallen der Statolithen in enger Beziehung steht zur Viskosität des Plasmas. Wie aus dem folgenden Versuchsprotokoll hervorgeht,

Versuchsprotokoll.

Objekt I: *Phaseolus multiflorus.*

Beginn der Beobachtung	Dauer der Chokwirkung	Beginn der Fallbewegung	Erste Falldauer	Erreichen der unteren Wand	Zweite Falldauer	Erreichen der oberen Wand nach sofort erfolgter zweiter Umdrehung
9.45 a. m.	13′	9.58	27′	10.25	15′	10.40
11.00 a. m.	15′	11.15	17′	11.37	13′	11.50
12.12 p. m.	10′	12.22	23′	12.45	11′	12.56
Objekt II: *Vicia faba.*						
2.28 p. m.	15′	2.43	16′	2.59	15′	3.14
3.30 p. m	13′	3.43	17′	4.00	15′	4.15
10.10 a. m.	15′	10.25	17′	10.42	10′	10.52
11.07 a. m.	12′	11.19	28′	11.47	16′	12.03
12.20 p. m.	10′	12.30	23′	12.53	11′	1.04

setzte in der Regel innerhalb 10—15 Minuten nach der Umkehrung die sichtbare Fallbewegung langsam ein, um erst nach 32—40 Minuten ihr Ende zu erreichen. Die Mehrzahl der Stärkekörner verfolgte dabei ihren Weg, langsam an den Wänden entlang gleitend, einzelne jedoch schienen den anderen voranzueilen und auf Plasmabrücken durch das Lumen der Zelle hindurchzugleiten; hatten die Körner die untere Wand erreicht, so wurde der Objekttisch um 180 Grad gedreht; nun setzte die Abwärtsbewegung in der Tat sofort ein, und nach bedeutend kürzerer Zeit (10—15 Minuten) hatten die Statolithen die untere Wand wieder erreicht. Zu meinem Erstaunen bemerkte ich nun, daß nach wenigen Minuten die Körner ihre Ruhelage auf der unteren Querwand der Zelle zu verlassen begannen, um langsam an den Wänden aufzusteigen, das heißt also sich entgegengesetzt der Richtung der Schwerkraft zu bewegen. Es stellte sich bald heraus, daß diese Bewegung hervorgerufen war durch eine Strömung des Plasmas, welche langsam einsetzend nach $1^1/_2$ Stunden ihre größte Geschwindigkeit erreichte, um dann allmählich wieder abzuflauen. Infolge dieser Bewegung rotierten die Körner — allerdings viel langsamer als das Plasma — durchschnittlich 5—6mal an der Zellwandung herum, um schließlich doch auf der unteren Wand liegen zu bleiben, wenn die Plasmaströmung sich so weit verlangsamt hatte, daß sie nicht mehr imstande war, die Statolithen zu bewegen. Jedenfalls besteht also ein gewisser Antagonismus

zwischen Schwerkraftwirkung und lebendiger Kraft des strömenden Plasmas.

Bevor ich auf die Untersuchung der Plasmarotation und ihre Bedeutung für die Statolithen näher einging, beobachtete ich bei einer größeren Anzahl von Fällen den Modus der ersten Fallbewegung der Stärkekörner und kam dabei zu dem überraschenden Resultat, daß es einer größeren Anzahl von Einzelkörnern und Körnergruppen gelingt, durch die Vacuole hindurchzufallen. Dies geschieht in der Weise, daß die Körner einen Plasmafaden hinter sich herziehen; es ist ein ähnliches Bild wie das einer Spinne, die sich am frisch ausgesponnenen Faden abwärts fallen läßt. Solche am dünnen Plasmafaden in der Vacuole hängenden Stärkekörner unterscheiden sich naturgemäß von den der Wand anliegenden durch besonders leichte Beweglichkeit: sie folgen jeder, auch der kleinsten Drehung des Objekttisches durch sofortige Änderung ihrer Fallrichtung. Während in den Zellen frischer Schnitte sich solche besonders leicht bewegliche Stärke nur vereinzelt findet, tritt dieselbe ungleich häufiger auf, wenn man Zellen zur Untersuchung wählt, in denen nach vorhergegangener kräftiger Rotation die Körner schließlich unten liegen geblieben sind. Man hat den Eindruck, als habe die Viskosität des Plasmas sich verringert.

Nach den bisherigen Erfahrungen schien es ohne weiteres glaubhaft, daß die beobachtete Rotation nur eine Folge der durch die Schnitte verursachten Verletzungen sei, und bestätigt wurde diese Annahme noch durch gleichzeitige Kontrollversuche an unverletzten Bohnenstengeln. Stellte man diese um 90 oder 180° aus ihrer natürlichen Lage gedreht auf und fixierte nach 15, 30, 45, 60, 120 und 180 Minuten, so fand man stets die Stärke, der Statolithentheorie entsprechend, auf der physikalisch unteren Wand. Demnach schienen die oben beobachteten Erscheinungen pathologischer Natur zu sein, und deshalb begab ich mich auf die Suche nach einem Objekt, welches infolge geringer natürlicher Dicke und großer Durchsichtigkeit die Beobachtung ohne weitere Präparation gestattete. Am geeignetsten erwiesen sich 5—6 Tage alte, im feuchten Raum gezogene Keimpflanzen, und von den verschiedenen beobachteten Arten boten *Mimulus moschatus*, *Calceolaria chelidonioides* und *Verbascum Thapsus* das günstigste Material dar. Die Versuche wurden anfangs mit auf feuchtem Filtrierpapier gezogenen und zur Beobachtung in Wasser unter ein gestütztes Deckglas gebrachtes Pflänzchen angestellt; doch da sich auch hier der Einwand machen ließ, es könnten bei den verschiedenen Manipulationen geringfügige Verletzungen nicht vermieden werden, so zog ich meine Keimpflanzen direkt auf Agartropfen (100 g

Wasserleitungswasser auf 1,5 g Agar), die an aufrecht stehenden Objektträgern angebracht waren. Zur Untersuchung wurden diese Objektträger möglichst vorsichtig, ohne ihre Lage zur Schwerkraftrichtung zu verändern, unter das Mikroskop gebracht. Diese Vorsichtsmaßregel war nötig, weil, wie ich in einer späteren Mitteilung ausführlich darlegen werde, Lageveränderungen nicht ohne Einfluß auf Plasmaströmungen sind.

Die Resultate der Versuche mit *Calceolaria* und *Verbascum* waren untereinander identisch, bei *Mimulus* hingegen etwas verschieden, so daß ich die letzteren nachher besonders besprechen will. Es ergab die Beobachtung bei den beiden zuerst erwähnten Pflanzenarten in ihrer natürlichen Lage zunächst nichts Auffälliges. Plasmaströmungen sind in der Stärkescheide in erkennbarem Maße nicht vorhanden und stellen sich auch während einstündiger Beobachtung unter dem Mikroskope nicht ein. Drehte man aber den Tisch um 90 oder 180 °, so begann sofort die Umlagerung der Stärkekörner; gleichzeitig setzte aber auch die Rotation ein, die allmählich die Stärkekörner ergriff und mit sich riß. 40 bis 70 Minuten später erschlaffte in der Regel die Bewegung wieder und ließ die Körner der Stärkescheide meist, jedoch nicht durchgehends, auf der unteren Wand liegen. Interessant ist, daß die Plasmabewegung zuerst merklich in der Stärkescheide auftrat, im Verlauf einer halben Stunde aber sich auch in den mehr peripher gelegenen Stellen der Rinde bemerkbar machte.

Bei *Mimulus* liegen die Verhältnisse insofern etwas anders, als von vornherein in den Rindenzellen kräftige Protoplasmaströmungen vorhanden sind, welche die darin eingebettete kleinkörnige Stärke energisch und regellos durcheinanderwirbeln. Auch in der Stärkescheide ist Plasmabewegung vorhanden, jedoch zunächst nicht so kräftig, daß es ihr gelänge, die großkörnigere Statolithenstärke aus ihrer Ruhelage zu entfernen. Auch hier beginnt bei einer Drehung der Pflanze sofort die Umlagerung, auch hier wird nach einiger Zeit die Stärke von der anwachsenden Rotation ergriffen und mitgeführt.

Was bedingt diese Rotation, hier, wo eine Verletzung unmöglich die Ursache sein kann? Noch will ich mich auf eine Beantwortung der Frage, da meine diesbezüglichen Untersuchungen im Gange, aber nicht abgeschlossen sind, nicht einlassen, doch drängt sich stark die Vermutung auf, daß entweder der Reiz der Schwerkraft selbst es sei, auf den die Zelle durch eine Bewegung ihrer lebenden Substanz reagiert, oder aber, daß das Plasma durch die infolge des Schwerezuges nach

unten gleitenden Stärkekörner gezerrt, zu einer weiteren Bewegung veranlaßt wird.

Die Tatsache, daß das strömende Plasma die Fallgeschwindigkeit der Stärke beeinflußt, ja sogar die Körner zwingen kann, entgegengesetzt der Schwerkraftrichtung nach oben zu steigen, gibt uns die Möglichkeit in die Hand, durch Geschwindigkeitsmessungen und eine mathematische Berechnung den „relativen Fallwert", d. h. die durch die Schwerkraft erzielte Geschwindigkeit umlagerungsfähiger Stärke im ruhend gedachten Plasma zu ermitteln. Ebenso wird es auf diese Weise möglich sein, Änderungen in der Dichtigkeit des Plasmas durch Messungen und Berechnungen festzustellen. Doch behalte ich all dies einer ausführlichen Publikation vor.

Ich möchte diese Mitteilung nicht schließen, ohne Herrn Geheimrat HABERLANDT und Herrn Professor BENECKE für ihre freundliche Anteilnahme und manchen guten Rat auch an dieser Stelle herzlich zu danken.

Berlin, im Februar 1912.

Botanisches Institut der Universität.

---

21. Gertrud Tobler-Wolff: Über Synchytrium pyriforme Reinsch.

(Mit Tafel V.)

(Eingegangen am 29. März 1912.)

Im Jahre 1875 beschrieb P. FR. REINSCH[1]) zwei auf Moosen vorkommende Synchytrien: 1. *S. muscicola* auf *Leskea* (jetzt *Neckera*) *complanata* und *L. trichomanoidos;* 2. *S. pyriforme* auf *Neckera viticulosa* (jetzt *Anomodon viticulosus*). Von beiden gab er eine Anzahl Abbildungen und die Diagnosen. Da das Werk offenbar ziemlich selten ist, so ist es vielleicht nicht überflüssig, die hierher gehörige Diagnose von *S. pyriforme* an dieser Stelle wiederzugeben:

„Plantula tubercula pyriformia breviter pedicellata in foliis Muscorum frondosorum (Neckerae) insidentia formans; cellulae perdurantes parenchymati plantae infectae semper insidentes basi

1) P. FR. REINSCH: Contributiones ad Algologiam et Fungologiam. Vol. I Leipzig 1875, p. 97; Tf. VI der Serie Fungi.

truncata substrato arctissime adhaerentes, cytioplasmate dense granuloso colore obscure-fusco, cytiodonnate crasso plurilamelloso basin cellulae versus angustato; cellulae matricales Zoosporangiorum? Zoosporae? Longit. cellular. perdurantium 0,1—0,11 mm. Latit. 0,0504—0,0615 mm. Hab. in Neckerae viticulosae foliis. Vogesi occident. — In speciminibus in Herbario diu asservatis detectum. Prima Synchytria observata in Muscis frondosis crescentia differunt ab aliis Synchytriis cellulis perdurantibus extra parenchyma plantulae infectae evolutis."

Das Material scheint danach lange nicht wiedergefunden zu sein; wenigstens beschränken sich FISCHER[1]) und V. MINDEN[2]) darauf, die Angaben von REINSCH zu wiederholen bzw. seine Abbildungen zu beschreiben. FISCHER (und V. MINDEN, der nicht einmal die REINSCHsche Abhandlung gesehen hat, mit ihm) ist der Meinung, daß es sich in beiden Fällen gar nicht um ein Synchytrium handele, sondern wahrscheinlich um Brutknospen. Er schließt das sowohl aus den Abbildungen (von denen deshalb einige auf der Tafel wiedergegeben seien), wie vor allem aus der Diagnose, in der er den Ausdruck „tubercula insidentia formans" so auffaßt, als könne damit nur ein rein äußerliches Aufliegen gemeint sein. Das braucht aber um so weniger der Fall zu sein, als es wenigstens in der Diagnose von *S. muscicola* von den „Dauersporen" noch heißt, sie seien „interdum in inferiore parte parenchymatis caulis a strato summo cellularium parenchymatis subtectae". Immerhin ist der Text der REINSCHschen Diagnose nicht eindeutig. Irreführend ist in den REINSCHschen Diagnosen aber vor allem die Bezeichnung „Dauerspore", die statt „Galle" gebraucht wird und ohne die völlig richtigen Abbildungen ganz unverständlich wäre.

Herr Prof. CORRENS sammelte im September 1910 am Ufer des Vierwaldstätter Sees (nahe der Tellskapelle) in größerer Menge *Anomodon viticulosus* mit kleinen braunen Fremdkörpern, die er sowohl nach Betrachtung mit der Lupe, wie nach einiger mikroskopischer Durchsicht für das *Synchytrium pyriforme* von REINSCH hielt. Er war so freundlich, mir dies Material zu überlassen.

Ich versuchte in der Kultur den völlig geschlossenen Entwicklungsgang zu beobachten; es gelang mir dies allerdings immer nur bis zu einem gewissen Grade. Dieser aber genügt, um das Objekt als zweifelloses *Synchytrium* anzusprechen. Daß der Parasit sich leichter von seinem Wirt loslöst, als es bei anderen

1) A. FISCHER, in RABENHORSTs Kryptogamenflora, I. Bd., IV. Abt., S. 62.

2) M. v. MINDEN, in Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, V. Bd. 2. Heft, S. 309.

Synchytrien der Fall ist, daß er also oft scheinbar nur lose auf dem Wirtsgewebe liegt, erklärt sich wohl aus dem Bau des Laubmoosblattes. Wo ein *Synchytrium* eine Epidermiszelle befällt, die ihrerseits fest mit dem darunter liegenden Gewebe verbunden ist, wo überdies noch oft eine komplizierte Gallenbildung mit überwuchernden Nachbarzellen stattfindet, oder wo die infizierte Epidermiszelle sich womöglich gar nach innen in das Gewebe dehnt, da ist selbstverständlich die Galle sehr viel inniger mit dem Wirtsgewebe verbunden, als wo sie lediglich eine einzelne stark erweiterte Zelle eines einschichtigen Blattgewebes darstellt. Im reifen Zustand mag auch die glatte, chitinöse Membran, die die Galle allseitig umschließt, dazu der stielartige Fußteil, ein übriges zur leichten Loslösung beitragen.

Leider kann ich im folgenden nur eine unvollständige Darstellung des Parasiten geben; einmal aus dem oben angeführten Grunde, und zweitens, weil es sehr schwierig ist, Mikrotomschnitte herzustellen, denn die Galle mit ihrer chitinösen Membran wird schwer durchtränkt und fällt daher beim Schneiden meist heraus.

Das Material wies im wesentlichen Gallen mit reifen Dauersporen auf. Sie erscheinen in Form hell- oder dunkelbrauner, länglichrunder Körper, die auf der Oberseite der Blattspreiten und vorzugsweise in den Blattwinkeln, dicht am Stengel (Abb. 1). Hier bleiben Wassertropfen begreiflicherweise am ersten hängen, und mit ihnen hereingeschwemmte Zoosporen finden leicht die Möglichkeit zur Infektion. Querschnitte durch besiedelte Blätter zeigen, daß es sich bei dieser Gallenbildung um eine sehr starke Größenzunahme und Ausstülpung einer einzelnen Zelle handelt. Die Nachbarzellen sind dabei ganz ohne Einfluß und unbeeinflußt (Abb. 2). Möglicherweise ist die Gallenbildung komplizierter, wenn ein *Synchytrium* dem Blattnerven aufsitzt. Ich habe ein solches Bild bei *S. pyriforme* nicht gesehen, schließe aber seine Möglichkeit aus dem Verhalten eines anderen, unten noch zu erwähnenden *Synchytrium*. Die Gesamtform der Galle tritt am deutlichsten hervor, wenn man sie, was leicht möglich ist, aus dem Moosblattgewebe herauspräpariert. Der jetzt freiwerdende stielartige Fußteil vervollständigt die ausgesprochene Birnenform der Galle, die REINSCH zur Namengebung veranlaßte (Abb. 3, 4). Der Autor hat übrigens offenbar weder Schnitte gemacht, noch Gallen frei herauspräpariert, sondern sich mit der schrägen Aufsicht begnügt, welche auch schon die Birngestalt verrät (Abb. 7, 9).

An jungen Stadien glaube ich in dem Septembermaterial nur eines gesehen zu haben, das in Fig. 5 abgebildet ist. Weitaus in

den meisten Gallen befanden sich, wie gesagt, reife Dauersporen (Abb. 3, 4). Mittelgroße Gallen sind etwa 60—70 μ lang und 45—55 μ breit.

Die in ihnen befindlichen Dauersporen füllen die Wirtszelle bei weitem nicht aus. Sie haben annähernd Kugelform und etwa 25—30 μ Durchmesser. Der größere, freibleibende Raum der Galle enthält farbloses, körniges Plasma und auffallend reichlich Chlorophyll, wesentlich mehr als in den nicht infizierten Moosblattzellen, so daß also offenbar während des Auswachsens der das *Synchytrium* beherbergenden Zelle eine starke Vermehrung des Chlorophyllgehalts stattgefunden hat (Abb. 6). REINSCH gibt auch ein entsprechendes Bild (Abb. 7), sagt aber dazu, daß das Plasma in 2 Teile getrennt sei. Das hängt wieder mit seiner Betrachtung der Galle als Dauerspore zusammen.

Die Dauerspore selbst ist von feinkörnigem Plasma erfüllt, das in sich Fettkügelchen einschließt. Eine Netzstruktur ließ sich nicht deutlich erkennen. Es ist übrigens weiß bzw. farblos, nicht „colore obscure-fusco", wie REINSCH sagt, der es wohl nur durch die braune Gallenwand hindurch gesehen hat.

Während alles bisher Erwähnte an frischem Material (ev. Handschnitten, Quetschpräparaten) ohne weiteres zu beobachten ist, zeigt sich am fixierten und gefärbten (beides geschah nach FLEMING) auch der Kern dieses Stadiums, der, soweit man bei der Kleinheit des Objekts Einzelheiten beobachten kann, in nichts von dem Aussehen anderer *Synchytrium*-Dauersporenkerne abweicht (Abb. 8).

Dies so beschaffene Material wurde in Kultur genommen, d. h. den Winter über in bedeckten Glasschalen schwach angefeuchtet gehalten. Im Januar fand sich hier und da der Inhalt der Dauerspore umgewandelt in einen Sporangiensorus, der von einer farblosen Hülle umgeben war und nun die Galle fast ganz ausfüllte (Abb. 9, 10). An in Hängetropfen weiter aufbewahrten Sori zeigte sich am nächsten Tage der Sorus mit seiner Hülle aus der Galle herausgetreten; nur Chlorophyll und körniges Plasma bleibt zurück (Abb. 11). Es waren ca. 30 Sporangien vorhanden, kugelig abgerundet, mit ca. 15 μ Durchmesser. Sie enthalten, wie die Dauersporen, zuerst feinkörniges Plasma und Fett-Tröpfchen (Abb. 12); an fixiertem und gefärbtem Material hoben sich von dem violetten Plasma unregelmäßige, rot gefärbte Körperchen ab (Abb. 13). Offenbar ein späteres Stadium mit weiter fortgeschrittener Zoosporenbildung stellt Abb. 14, 15 dar. Zoosporen selbst glaube ich gesehen zu haben, nicht aber ihr Ausschlüpfen aus dem Sporangium. Sie sind jedenfalls von außerordentlicher Kleinheit. Die Art der Bewegung, Form usw. vermag ich nicht mit Sicherheit

zu beschreiben. Die Hängetropfen-Kulturen gingen in der Regel nach einigen Tagen zugrunde, ohne weitere Entwickelung zu zeigen. Man kann nur annehmen, daß die freigewordenen Zoosporen in die Zellen junger Blättchen einwandern und die beschriebene Gallenbildung verursachen. Ob in einem Jahr eine oder mehrere Generationen gebildet werden, läßt sich vorläufig nicht entscheiden. Daher läßt sich auch das *Synchytrium pyriforme* systematisch noch nicht genauer unterbringen. Eine Andeutung für die Stellung gibt nur das farblose Plasma, durch das es sich den Leucochytrien anreiht. Es ist offenbar eine streng auf die Wirtspflanze beschränkte Form. Herr Prof. CORRENS hat es trotz vielfachen Suchens nie auf anderen dicht dabeistehenden Moosen gefunden. Ähnlich scheinen sich andere moosbewohnende Synchytrien zu verhalten, die ich an anderer Stelle erwähnen werde.

Münster i. Westf., Botan. Inst. d. Universität, 28. März 1912.

Erklärung der Tafel V.

Abb. 1. Habitusbild. Nach REINSCH. 60 : 1.
Abb. 2. Leere Galle im Querschnitt. 280 : 1.
Abb. 3 und 4. Herauspräparierte Gallen mit Dauersporen. 280 : 1.
Abb. 5. Junge Galle? Von oben gesehen. 280 : 1.
Abb. 6. Herauspräparierte und zerquetschte Galle. C = Chlorophyll, J = Wirtszellenplasma, D = Dauerspore. 280 : 1.
Abb. 7. Galle mit Dauerspore in schräger Aufsicht. Nach REINSCH. 360 : 1.
Abb. 8. Stück einer Galle mit Dauerspore. Kernpräparat, nach FLEMING fixiert und gefärbt. 550 : 1.
Abb. 9. Galle mit Sporangiensorus in schräger Aufsicht. Nach REINSCH. 360 : 1.
Abb 10 und 11. Galle mit Sporangiensorus. 280 : 1.
Abb. 12. Zwei Sporangien. 550 : 1.
Abb. 13. Dasselbe Stadium, nach FLEMING fixiert und gefärbt. 550 : 1.
Abb. 14. Älteres Sporangium. 650 : 1.
Abb. 15. Dasselbe Stadium, nach FLEMING fixiert und gefärbt.

Sitzung vom 26. April 1912.

Vorsitzender: Herr J. BEHRENS.

Zu ordentlichen Mitgliedern werden vorgeschlagen Herr

Herter, Dr. **W.**, Professor der Botanik am Istituto agronomico (Escola d'Eughenharia) in **Porto Alegre,** Rio Grande do Sul (durch A. ENGLER und I. URBAN),

und Frau

Reinisch, Olga, in **Prag II,** Heinrichgasse 3 (durch G. v. BECK und A. PASCHER).

Zu ordentlichen Mitgliedern werden proklamiert die Herren

Spisar, Dr. **Karl,** in **Brünn.**

Seeliger, Dr. **Rud.,** in **Dahlem.**

Müller, Dr. **Clemens,** in **Bonn.**

Brunnkow, Reinhard, in **Stettin**

und Fräulein

Schiemann, Elisabeth, in **Berlin.**

Mitteilungen.

22. A. Pascher: Eine farblose, rhizopodiale Chrysomonade.

(Mit Tafel VI.)

(Eingegangen am 30. März 1912.)

In einem Kulturglase mit *Oedogonium* fanden sich auf den Algenfäden massenhaft Epiphyten verschiedenster Stellung: *Chamaesiphon*, *Characium* und *Characiopsis*, kleine Diatomeen, reichlich dick bescheidete Bakterienfäden und auch Chrysomonaden. Von letzteren allerdings nicht alle lebend, viele bereits tot und meist nur an ihren charakteristischen Gehäusen erkennbar, bes. ein Gehäuse, das sich mit der von SCHERFFEL als *Chrysopyxis ampullacea* bezeichneten Art ziemlich deckte.

Unter diesen Epiphyten war aber auch ein merkwürdiger, farbloser Organismus vorhanden, der keine Chromatophoren besaß. Sein Gehäuse saß wie ein kleiner kegelförmiger oder fast brotlaibartiger Höcker den Ödogonien an. Junge Gehäuse waren farblos oder leicht gelblich, ältere aber stark mit Eisen inkrustiert, oft so sehr, daß an der Basis die Inkrustation auch auf die benachbarten Stellen der *Oedogonium*-Haut übergriff (Fig. 15, 17, 19), so daß dann die Erkennung der basalen Kontur schwer war. Die Inkrustation bildete eine deutlich abgesetzte, oft verschieden stark ausgebildete Schicht, von der sich die eigentliche Gehäusemembran scharf abhob (Fig. 14, 15). — Die Gehäusemembran färbte sich mit Gentianaviolett deutlich, gab aber keine Cellulosereaktion.

Die Gehäuse waren halbkugelig, brotlaibförmig, seltener ausgesprochen kegelförmig, meist ungleichmäßig entwickelt, so daß die eigentliche runde Basalfläche nicht selten einseitig vorgezogen oder ganz unregelmäßig ward. In den meisten Fällen nimmt das Gehäuse dabei die Gestalt eines schiefen Kegels an. Oben, annähernd in der Mitte, ist die relativ große Gehäusemündung; sie ist nicht gleichförmig rund, sondern ausgezackt und ausgebuchtet. Eine besondere Verfestigungseinrichtung, Fortsätze oder Aufhängefäden, kamen nicht zur Beobachtung.

Der Protoplast füllte das Gehäuse fast ganz aus; nur besonders starke Buckel oder die Basalkante waren manchmal frei. Eine klare Beobachtung gestatteten nur wenige ganz schwach inkrustierte Individuen. Manchmal war ziemlich deutlich der Kern zu bemerken, ferner 2—3 in ihrer Lage bei den einzelnen Individuen sehr schwankende pulsierende Vakuolen, zahlreiche kleine Verdauungsvakuolen mit Nahrungseinschlüssen, sowie größere glänzende Ballen, die in ihren Eigenschaften dem Leukosin der Chrysomonaden entsprachen. Das Protoplasma war feinkörnig und zeigte nicht die mindeste Andeutung von Chromatophoren.

Die Nahrungsaufnahme erfolgte mittels eines durch die Gehäusemündung austretenden Rhizopodiums, das 3—4mal länger als das Gehäuse deutliche Strömung zeigte. Es konnte einige Male deutlich beobachtet werden, wie kleine Bakterien am Rhizopodium kleben blieben, wie sie förmlich in das Randplasma einsanken, wie sich eine kleine Vakuole um sie bildete und wie sie dann vom strömenden Plasma weitergetragen dem Protoplasten im Gehäuse einverleibt wurden. Dieses Rhizopod war zu allermeist unverzweigt. An der Basis des Rhizopodiums wurden aber ungemein rasch und wechselnd, zahlreiche, kurze, breitlappige Pseudopodien gebildet, die ebenfalls mit der Nahrungsaufnahme zu schaffen hatten. Die Nahrungsaufnahme war ungemein lebhaft.

Über die Vermehrung konnten keine einwandfreien Beobachtungen gemacht werden. Einmal waren in einem Gehäuse zwei durchgeteilte Protoplastenhälften nebeneinander, ein andermal wieder lag ein großer Protoplasmaballen außerhalb des Gehäuses und war nur mit einer schwachen Brücke mit dem Protoplasmateile im Gehäuse verbunden. Inwieweit Teilung, inwieweit Sprossung vorliegt, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Es ist beides, in Analogie zu ähnlichen Formen, möglich.

Die Größenverhältnisse waren folgende: Gehäuse 7—10 μ breit, 5—7 μ hoch, Rhizopodium bis 25 μ lang.

Sucht man nach ähnlichen oder verwandten Formen unter den Rhizopoden, so findet man in der eigentliche Gruppe der Rhizopoden keine derart gebauten Organismen.

Dagegen finden sich in einer ganz anderen Reihe von Protisten gehäusetragende Formen, die mit dem eben beschriebenen Organismus große, ja auffallende Übereinstimmung zeigen. — Es sind dies die Flagellaten und speziell die Chrysomonaden.

Die Tatsache, daß es bei den Chrysomonaden nicht bloß Flagellaten, sondern auch „Rhizopodenformen" geben kann, wurde zuerst von KLEBS[1]) erkannt. Unabhängig voneinander wiesen SCHERFFEL[2]), LAUTERBORN[3]) und PASCHER[4]) nach, daß rhizopodiale Formen bei den Chrysomonaden viel häufiger als gewöhnlich geglaubt wird, vorkommen.

Diese rhizopodialen Formen können in mehrerlei Wertigkeit auftreten.

Einzelne Chrysomonaden bilden zunächst neben der Geißel auch Pseudo- oder Rhizopodien aus; entweder nur vorübergehend wie viele Chrysomonaden, die organische Körperchen aufnehmen, oder bei der von KLEBS entdeckten *Chrysamoeba*, oder aber auch dauernd im ontogenetischen Abschlußstadium als Apparat für die Erwerbung fester Nahrungspartikelchen, wobei die Rhizopodien oft richtige Reusenapparate bilden können. (Vergleiche die *Cyrtophoraceae* Pascher, Diese Berichte Bd. XXIX.)

Oder aber die Chrysomonaden reduzieren die Geißel unter gleichzeitiger Bildung der Rhizopodien, z. B. die von SCHERFFEL beobachtete *Chrysamoeba*. Hierbei kann die Zurückverwandlung in den Flagellaten jederzeit erfolgen, die Bildung der Rhizopodien aber fakultativ sein, oder aber die Chrysomonade bildet die Geißel für das Individualleben endgültig zurück und bildet dafür im ontogenetischen Abschlußstadium das Rhizopodiensystem aus; das kann oft innerhalb einer Gattung wechseln, die eine Art die Geißel beibehalten, die andere die Geißel unter Ausbildung von Rhizopodien reduzieren (z. B. bei *Chrysopyxis*). Aber auch diese letzteren Formen bilden zu Zwecken der Vermehrung die Teilungsprodukte als Schwärmer aus, kehren also zum Flagellatenstadium zurück, um schließlich doch das Rhizopodienstadium auszubilden[5]).

1) KLEBS, Flagellatenstudien, Zeitschrift für wiss. Zoologie LX.

2) SCHERFFEL, Kleiner Beitrag zur Phylogenie usw. Bot. Zeitg. 1901. Beitrag zur Kenntnis der Chrysomonaden, Arch. f. Protistenkunde XXII, 299.

3) LAUTERBORN, Pseudopodien bei *Crysopyxis*, Zool. Anzeiger, XXXVIII, 46.

4) PASCHER, Über Rhizopoden und *Palmella*-Stadien bei Flagellaten, Arch. für Protistenkunde, XXV, 153.

5) Ich kann mich daher nicht SCHERFFEL anschließen, wenn er unter ausschließlicher Rücksichtnahme auf die Rhizopodienbildung einerseits Formen, deren Zusammengehörigkeit zweifelhaft erscheint, zusammenfaßt und andere, deren Zusammengehörigkeit zweifellos ist, voneinander trennt. Die von SCHERFFEL wieder als *Chrysopyxis ampullacea* zu *Chrysopyxis* gestellte Chrysomonade hat mit *Chrysopyxis* nur den Besitz des Rhizopodiums gemeinsam,

Noch ist der Fall möglich, daß das Flagellatenstadium völlig unterdrückt wird, daß derlei rhizopodiale Stadien auch bei der Vermehrung keine Schwärmer mehr bilden, sondern sich ohne den Umweg über das Flagellatenstadium direkt im rhizopodialen Stadium teilen. Das scheint realisiert z. B. bei *Chrysostephanosphaera*. Derlei Formen sind dann natürlich wegen ihres mangelnden Flagellatenstadiums nur an sekundären Merkmalen (Chromatophoren, Exkretkörperchen, Assimilat, Cystenbildung) als Chrysomonaden erkennbar. Die Einordnung in das System der Chrysomonaden ist speziell bei diesen Formen, die unter Anpassung an die direkte Aufnahme fester Körperchen völlig zu Rhizopoden geworden sind, schwer. Ich habe sie als Rhizochrysidinen zusammengefaßt und diese Gruppe im System der Chrysomonaden jener Gruppe gegenübergestellt, bei der das Flagellatenstadium noch erkenntlich ist[1]).

---

weicht aber im Gehäuse ab; ja wir wissen nicht einmal, ob auch bei ihr die Vermehrung durch einwimperige Schwärmer erfolgt wie bei *Chrysopyxis*. Es scheint am besten, diese einmal zu *Derepyxis*, einmal zu *Chrysopyxis* gestellten unsicheren Formen überhaupt aus diesen beiden Gattungen auszuschalten, und da sie morphologisch einheitlich sind, für sich zusammenzufassen. Darnach würden sich folgende zwei Differentialdiagnosen zwischen *Chrysopyxis* und den unsicheren Formen von selbst in der Weise ergeben:

Chrysopyxis: Gehäuse mit zwei Schenkeln quer auf Algenfäden reitend, eine deutliche Schmal- und Breitseite ausbildend. Die beiden Schenkel durch einen ringförmigen Aufhängefaden verbunden. Gehäusemündung gestutzt, vorgezogen oder trichterig erweitert. Geißel bei der einen Art (*Ch. cyathus*) noch vorhanden, bei den anderen infolge Ausbildung eines Rhizopodiensystems reduziert. Vermehrung durch Teilung und Bildung einwimperiger Schwärmer. (*Ch. cyathus, Ch. stenostoma, Ch. Ivanoffi, Ch. bipes* und eine Reihe noch relativ wenig bekannter Formen.

Lagynion: Gehäuse mit breiter mehr minder kreisförmiger Basis flach auf Algenfäden sitzend, nicht mittels zweier Schenkel querreitend, ohne Aufhängefaden, ohne differenzierte Schmal- und Breitseite. Gehäusemündung gestutzt, leicht oder lang röhrenförmig vorgezogen. Die bis jetzt bekannten Arten nur mit Rhizopodien; geißeltragende Formen (vielleicht stellt SCHERFFELs *Lepochromulina* die geißeltragende Reihe hierzu dar) unbekannt. Vermehrung nicht genügend bekannt. Teilung der Protoplasten; Schwärmerbildung nicht beobachtet. Hierher: *Lagynion Scherffelii* = *Chrysopyxis ampullacea*, im Sinne SCHERFFELs (die STOKESsche Form, in Prag wiedergefunden, ist von ihr verschieden) vielleicht auch noch *Lagynion ampullaceum* = *Chrysopyxis ampullacea* Stokes, *Lagynion triangulare* = *Chrysopyxis triangularis* Stokes, *Lagynion macrotrachelum* = *Chr. macrotrachela* Stokes.

1) Natürlich können vorderhand in diesen Rhizochrysidinen Formen vorhanden sein, bei denen die Flagellatenstadien noch gefunden werden, diese müssen dann der „Flagellaten"-Gruppe eingereiht werden.

Jedenfalls geht aus all dem Gesagten die Tatsache hervor, daß es Rhizopodenformen gibt, deren Zusammenhang mit Flagellaten derzeit noch sicher nachgewiesen werden kann.

Unter diesen rhizopodialen Chrysomonaden gibt es nun gehäusetragende Gattungen, die mit dem eben beschriebenen Rhizopoden ganz auffallende Übereinstimmung besitzen. Es ist dies *Chrysopyxis* und *Lagynion*, beide Gattungen im vorhin umschriebenen Sinne.

Die Gattung *Chrysopyxis* hat Gehäuse, die mittels zweier Querschenkel quer auf Algenfäden reiten, wobei die beiden Schenkel noch durch einen Faden verbunden sind, so daß das Gehäuse förmlich an einem Ring hängt. Das Gehäuse besitzt eine schmale Mündung, die gestutzt oder kurz röhrenförmig vorgezogen ist, oder bei einer Art in einen Mundtrichter erweitert ist. Die meisten Arten besitzen ein Rhizopodiensystem, das genau wie bei unserem farblosen Organismus durch die vordere Mündung ausgestreckt wird; nur *Ch. cyathus* hat sich auch im ausgebildeten Zustande die Geißel gewahrt.

Die zweite Gattung, *Lagynion*, hat andere Gehäuse, halbkugelig bis brotlaibförmig oder kegelförmig, ohne Breit- und Schmalseite; sie reiten nicht mittels zweier Schenkel quer, besitzen auch keinen Aufhängering, sondern sitzen mit ihrer kreisförmigen Grundfläche den Algen breit auf. Die Mündung ist ebenfalls vorne an der Spitze abgestutzt oder röhrig verlängert. Durch die Mündung wird ein zu allermeist unverzweigtes Rhizopodium gestreckt.

Zeigt die erste Gattung *Chrysopyxis* nur entferntere Übereinstimmung mit unserm farblosen, rhizopodialen Organismus, so ist dafür die Übereinstimmung mit der zweiten Gattung um so größer: dieselbe Form der Gehäuse, dieselbe Form des Rhizopods. Vor allem ist es *Lagynion ampullaceum*, das, abgesehen von der sekundären, röhrenförmig verlängerten Gehäusemündung recht ähnlich ist[1]).

Nun sind diese erwähnten rhizopodialen Chrysomonaden mit Chromatophoren versehen, unsere rhizopodiale Form aber farblos.

Nun sind aber auch apochromatische Chrysomonaden bekannt geworden und zwar sowohl Flagellaten- wie Rhizopodenformen.

---

1) Es sei hier auch auf die ähnliche *Lepochromulina* Scherffel (im engeren Sinne) verwiesen (siehe Tafel VI) sowie auf die Tatsache, daß alle diese Formen ihre Gehäuse mit Eisen inkrustieren.

SCHERFFEL hat in seiner zitierten Chrysomonadenarbeit den Nachweis erbracht, zunächst, daß einzelne gefärbte Chrysomonadengattungen in einzelnen Individuen apochromatisch sein können, ferner aber gezeigt, daß einzelne Arten der bis jetzt zu den farblosen Protomastiginen gestellten Gattungen *Monas* und *Ochromonas* nach ihrem Assimilationsprodukt (Leukosin) wie nach ihrer charakteristischen Cystenbildung als farblos gewordene Chrysomonaden anzusprechen sind, ähnlich wie *Polytoma* als farblos gewordene Chlamydomadine aufzufassen ist. Solche dauernd farblos gewordenenen Chrysomonaden sind auch *Anthophysa*, und wie ich mich überzeugen konnte, auch *Cephalothamnion* und *Dendromonas*.

Ferner wurde aber von ihm auch gezeigt, daß die von ihm beobachtete rhizopodiale *Chrysamoeba* (die nicht identisch zu sein scheint mit der von KLEBS beobachteten) direkt Teilungsprodukte ohne Chromatophoren entwickeln kann.

Berücksichtigen wir nun alle Tatsachen:

die weitgehende Ähnlichkeit der Gehäuse zwischen dem besprochenen farblosen Organismus und der Chrysomonadengattung,

die Tatsache, daß die Chrysomonaden sowohl fakultativ als auch dauernd rhizopodial auftreten können,

die Tatsache, daß sich sowohl unter den Flagellaten wie den rhizopodialen Formen der Chrysomonaden apochromatische Typen finden,

ferner den Umstand, daß unser farbloser, rhizopodialer Organismus Leukosin produziert, wie die anderen apochromatischen und euchromatischen Chrysomonaden,

so scheint es höchstwahrscheinlich zu sein, daß der beschriebene Organismus eine apochromatisch gewordene, rhizopodiale Chysomonade vom Typus *Lagynion* ist, mit welcher Gattung er so große Übereinstimmung zeigt, daß mich nur die mangelnde Kenntnis der Entwicklungsgeschichte hindert, ihn als eine farblose Art zu *Lagynion* zu stellen.

Deshalb bezeichne ich diesen Organismus vorderhand als *Heterolagynion* mit der Art *Heterolagynion Oedogonii*.

Für das ganze Rhizopodenproblem ist aber das Ganze noch insofern von Bedeutung, als damit wieder ein neuer Beweis erbracht erscheint für die enge Beziehung der Rhizopoden und Flagellaten und für die abgeleitete Stellung vieler, vielleicht aller

heutigen Rhizopoden. Und diese Beziehungen sprechen immer mehr dafür, daß „rhizopodiale Form" allein gar kein Charakteristikum für „primitive Organisation" zu sein braucht, sondern daß die „rhizopidiale Form" zunächst nur den morphologischen Ausdruck einer zumeist erst sekundären Anpassung an eine bestimmte Ernährungsweise darstellt.

Prag, Ende Februar 1912.

Erklärung der Tafel VI.

Fig. 1—7, 7—19. *Heterolagynion Oedogonii.*
Fig. 5. *Lagynion Scherffeli.*
Fig. 6. *Lepochromulina bursa* (nach Scherffel).

Fig. 1—4. Alte Individuen mit stark inkrustierten Gehäusen.
Fig. 7, 9, 10, 16. Verschiedene Gehäuseformen von der Seite gesehen.
Fig. 2, 3, 13. Verschiedene Gehäuse von oben gesehen.
Fig. 8, 18. Optische Längsschnitte durch den Protoplasten (kombiniert, K = Kern, P = kontraktile Vakuolen, N = Nahrungsvakuolen. L = Leukosinballen.
Fig. 11. Vorderer Teil mit den kleinen Pseudopodien.
Fig 12. Stück des Rhizopods mit zwei aufgenommenen Körperchen.
Fig. 14, 15. Optische Schnitte aus dem Gehäuse mit deutlich differenzierter Wand und aufgelagerter Inkrustation.
Fig. 17, 19. Optische Längsschnitte durch stark inkrustierte Gehäuse.

Vergrößerung:

Fig. 1—4 7, 9, 10, 13, 16 : 1200 mal.
Fig. 8, 17—19 : 2 mal 1500.
Fig. 11, 14, 15 : 2 mal 1750.
Fig. 12 : 2 mal 1950.

23. F. Hollendonner: Über die histologische Unterscheidung des Holzes von Biota orientalis Endl. und Thuja occidentalis L.

(Mit Tafel VII.)

(Eingegangen am 3. April 1912.)

Das Holz von *Biota orientalis* und *Thuja occidentalis* stimmt in den zur Unterscheidung dienenden Eigenschaften miteinander so sehr überein, daß es nach den Daten der meisten xylotomischen Arbeiten von einander gar nicht zu unterscheiden sei, und so fand darin die Ansicht eine Stütze, wonach *Biota* mit dem Speziesnamen *orientalis* dem Genus *Thuja* eingereiht wurde. Es ist aber richtiger, die beiden Arten in besondere Genera einzureihen, da sich nicht nur in ihren morphologischen Merkmalen Unterschiede vorfinden, sondern auch ihr Holz derartige innere und äußere histologische Kennzeichen aufweist, welche zur Unterscheidung beider Arten führen.

Schon ein oberflächlicher Vergleich zeigt, daß das Holz von *Thuja* weicher, leichter ist, mit einem Lufttrockengewicht von 0,32, und daß das Kernholz in einem 40jährigen Stamme den $^2/_3$-Teil des Radius ausmacht. Das Holz von *Biota* ist dagegen dichter, härter mit dem Lufttrockengewichte 0,63; das Kernholz eines 26jährigen Stammes beträgt $^1/_3$ des Radius

In ihren histologischen Merkmalen stimmen sie miteinander insofern überein, als ihre Tracheidenwände glatt sind, abgesehen von den im „Rotholz“ oder „Druckholz“ vorkommenden spiralgestreiften engen Tracheiden. An ihren Radialwänden sind gewöhnlich einzelne, selten paarweise Hoftüpfel, deren Dimensionen mit der Tracheidenbreite proportional sind. Hoftüpfel finden sich auch noch an den engen Tracheiden in der Nähe der Grenze der Jahresringe vor. Strangparenchymreihen finden wir hauptsächlich in der Region der engen Tracheiden. Die Markstrahlen sind einschichtig und werden nur stellenweise doppelreihig (Taf. VII, Fig. 2 u. 6); sie bestehen durchaus aus Parenchymzellen, deren Wände besonders an den Stellen der in der radialen Wand befindlichen Tüpfel durch Rutheniumrot intensiv gefärbt werden. Die horizontale Wand ist dick, mit wenigen Tüpfeln; die tangentiale Wand ist dünn ohne

Tüpfel, oder es sind kleine Knoten daran. Meistens ist die Wand geschweift, die konvexe Fläche gegen das Kambium gewendet. Rechts und links von der Stelle, wo die horizontale und die tangentiale Wand sich treffen, ist entweder auf beiden Seiten, oder nur auf der einen, eine kleine Vertiefung. Die Höhe der Markstrahlen, in Zellenreihen ausgedrückt, ist veränderlich je nach dem Alter, ja sogar nach den Individuen und daher als diagnostisches Merkmal nicht zu verwerten. Ebendarum können wir nur im allgemeinen behaupten, daß sich *Thuja* bezüglich der auf 1 qmm tangentialer Oberfläche befindlichen Markstrahlen und Markstrahlzellen den Abietineen anschließt, da die Zahl der Markstrahlen und Markstrahlzellen bei den übrigen Cupressineen eine bedeutendere ist und manchmal sogar das Doppelte ausmacht von der Zahl bei den Abietineen.

In dieser Hinsicht verhält sich *Thuja* zu *Biota* wie 2 : 3 oder 2 : 3,5; es ist aber notwendig, identische Teile zu vergleichen, da sich dieses Verhältnis, wie aus folgender Tabelle hervorgeht, ändert, je nachdem sich die Zahlen auf die Äste oder auf den Stamm beziehen.

	Die Zahl der Markstrahlzellen per qmm im Tangentialschnitt				Die Zahl der Markstrahlen per qmm im Tangentialschnitt			
	Thuja occid.		*Biota orient.*		*Thuja occid.*		*Biota orient.*	
ESSNER[1])	195—270	230	270—410 250—320	350 280	54—86		93—147	
WILHELM[2])		220			6—19!	12!		
WIESNER[3])		160						
Verfasser	Äste: 140—190 Stamm: 160—255	160 194	220—390 310 - 450	382 350	60—90 45—85	79 56	120—240 75—120	162 99

Die sehr abweichenden Resultate WILHELMs, welche sich auf *Thuja* beziehen, sind, wie aus vielfach wiederholten Versuchen hervorgeht, unrichtig. Nach seinen Angaben sollen die Markstrahlen im Durchschnitt 220 : 12 = 18 Zellenreihen hoch sein; solche Markstrahlen hat weder ESSNER, noch ich beobachtet. Ebenso unrichtig sind auch die auf *Juniperus communis* bezüglichen

1) Über d. diagnost. Wert d. Anzahl u. Höhe d. Markstrahlen b. d. Koniferen, Halle 1882.

2) In WIESNER, Rohstoffe d. Pflanzenreichs, II. Aufl., II. Bd., S. 165.

3) „ „ „ „ „ , I. Aufl. S. 628.

Werte; nach WILHELM sind 20, nach ESSNER 103—143, nach meinen Beobachtungen im Stamme 45—120, durchschnittlich 72, im Aste 135—195, durchschnittlich 168 Markstrahlen auf 1 qmm tangentialer Schnittfläche. Da nach WILHELM auf einem Quadratmillimeter tangentialer Schnittfläche 300 Markstrahlzellen sein sollen, müßte die Durchschnittshöhe der Markstrahlen 300 : 20 = 15 Zellreihen betragen, während WILHELM selbst sagt[1]), daß diese Zahl meistens zwischen 2–10 variert, so daß die Werte ESSNERs (1–6) wie auch die von mir beobachteten und berechneten Mittelwerte (im Ast 1—4, im Stamm 1—9) innerhalb dieser Grenzen liegen.

Von den nicht aus der Zahl sondern aus den Dimensionen der Holzelemente berechneten Werten benützte KLEEBERG[2]) die Höhe der Markstrahlzellen als diagnostisches Merkmal; es stellte sich aber aus den von ESSNER und BURGERSTEIN[3]), wie auch aus den von mir ausgeführten Messungen heraus, daß die Zellenhöhe für sich allein kein genügendes diagnostisches Merkmal sein kann, weil deren Werte sich einander nähern, schwanken und ineinander übergehen. Da aber im Tangentialschnitt von *Biota* der Querschnitt der mittleren Zellen der Markstrahlen ein Kreis, der von *Thuja* eine Ellipse ist (Taf. VII, Fig. 1, 2), existiert nicht nur in den Höhendimensionen, sondern auch in dem Verhältnisse der Länge zur Breite ein Unterschied. Auf Grundlage vieler Messungen und nach den Literatur-Angaben verhält sich die Breite der mittleren Markstrahlzellen zu ihrer Höhe wie 1 : 1,5 bei *Biota*; bei *Thuja* dagegen wie 1 : 2,9 ca. 1 : 3; und dieses Verhältnis ist konstant, da sich die Dimensionen proportionell verändern.

Außer den morphologischen Unterschieden der mittleren Markstrahlzellen fand ich auch noch einen anderen histologischen Unterschied, nämlich in der Tüpfelung der Radialwand; während bei *Biota* der Porus auch in der Zone der breitlumigen Tracheiden sehr klein (1,4—2 × 3—5 μ) und ringsherum der Hof gut zu unterscheiden ist, ist bei *Thuja* der Porus in der Zone der breiten Tracheiden breit (4—6 μ) und weil der Durchmesser des Hofes beiläufig ebenso groß (6—8 μ) ist wie bei *Biota*, so ist bei *Thuja* der Hof um den Porus entweder überhaupt nicht oder höchstens im Winkel des augenlidförmigen Porus zu sehen (Taf. VII, Fig. 3, 4).

---

1) l. c. S. 162.

2) Markstrahlen d. Coniferen, Bot. Zeitung 1885, S. 712.

3) Bestimmungstabelle d. Koniferen-Gattungen nach xylotomischen Merkmalen in WIESNERs Festschrift.

Es gibt außerdem noch einen Unterschied in den zwischen Markstrahlzellen und Längstracheiden auftretenden Interzellularräumen, welche im Tangentialschnitte bei *Thuja* dreieckig sind (Taf. VII, Fig. 1), bei *Biota* aber gehen manchmal aus dem Interzellularraum zwei gabelartig verlaufende Kanälchen gegen den Hohlraum der übereinander stehenden parenchymatischen Markstrahlzellen und erstrecken sich, die mächtige sekundäre Lamelle der horizontalen Wand durchbrechend bis zur tertiären Lamelle (Fig. 3). An Stellen, wo die Markstrahlen zweischichtig werden (Taf. VII, Fig. 5), sind diese Kanälchen zwischen den nebeneinander oder übereinander stehenden Parenchymzellen einem 3 4strahligen Sterne ähnlich. Die Kanälchen sind im stark ausgetrockneten Holze und in den äußeren Jahrringen älterer Stämme, wo die Markstrahlen schon mehr Zellen hoch sind, sehr auffallend. Die innere Wand dieser Kanälchen wird durch Rutheniumrot gefärbt. Im Querschnitt sind die Interzellularräume dreieckig, im Radialschnitt dagegen sind die Durchschnitte der Kanälchen an der Durchkreuzung der Tracheiden und der horizontalen Marktstrahlenwände sichtbar und zwar als zwei mit der Basis gegenübergestellte fast gleichzeitig dreieckige Räume, die in einem gemeinsamen rhombusförmigen Raum münden. Je nach der Stelle des Durchschnittes bekommen wir also entweder zwei mit der Basis gegeneinander gestellte, fast gleichzeitige Dreiecke oder nur einen gemeinsamen Interzellularraum, welcher sich längs der Primärlamellen oft so sehr ausdehnt, daß die benachbarten Interzellularräume ineinander übergehen (Taf. VII, Fig. 6). In den in Chlorzinkjod oder Nelkenöl aufbewahrten Radialschnitten sind die Interzellularräume, zumal wenn sie Luft enthalten, besonders scharf zu sehen.

Budapest, April 1912. Botanisches Institut des königl. ungar. Josephs-Polytechnikums.

Erklärung der Tafel VII.

Vergrößerung: 300, nur bei Fig. 2: 330.

1. *Thuja occidentalis*, ein- und zweischichtige Markstrahlen und Längsparenchym, im Tangentialschnitt.
2. *Biota orientalis*, Markstrahl im Tangentialschnitt.
3. *Biota orientalis*, Markstrahl im Radialschnitt.
4. *Thuja occidentalis*, Markstrahl im Radialschnitt.
5. *Biota orientalis*, zweischichtiger Markstrahl im Tangentialschnitt.
6. *Biota orientalis*, Markstrahl im Radialschnitt, in den Interzellularen mit Luft.

24. W. Bally: Chromosomenzahlen bei Triticum- und Aegilopsarten. Ein cytologischer Beitrag zum Weizenproblem.

(Mit Tafel VIII.)

(Eingegangen am 10. April 1912.)

In einem im Jahre 1910 erschienenen „Chromosomenzahl" betitelten Aufsatz hat STRASBURGER, anknüpfend an seine Untersuchungen über apogame Thymeläaceen, die in der Literatur verstreuten Fälle kritisch zusammengestellt, wo in sehr artenreichen Gattungen sich die verschiedenen Arten durch verschiedene Chromosomenzahl auszeichnen. Es zeigte sich dabei, daß im Tier- und Pflanzenreich schon eine große Anzahl solcher Fälle beschrieben sind, deren eklatantester wohl die in letzter Zeit vielfach bearbeitete *Onothera gigas* darstellt, die gewissermaßen unter den Händen des Experimentators ihre Chromosomenzahl verdoppelt hat. Eine solche Polyploidie kann, wie STRASBURGER weiterhin auseinandersetzt, die Folge der Vermehrung ganzer Chromosomen durch Längsspaltung oder aber einer Querteilung der Chromosomen sein, die sich im Lebenslauf einer mutierenden Art einmal abgespielt haben muß. Es erscheint dabei am wahrscheinlichsten, daß im befruchteten, noch ungeteilten Ei sich die betreffenden Ereignisse abwickeln. Daß sich einzelne Vertreter der eben charakterisierten Gattungen häufig, aber durchaus nicht immer durch Ooapogamie auszeichnen, sei hier nur nebenbei erwähnt.

Dafür, daß das eben geschilderte Verhalten in artenreichen Gattungen recht häufig ist, spricht die Tatsache, daß in der kurzen Zeit seit der Publikation der genannten STRASBURGERschen Arbeit schon wieder eine Reihe von Fällen bekannt geworden sind, die sich hier angliedern lassen. So seien einmal die Untersuchungen TISCHLERs über die kultivierten Bananen erwähnt. TISCHLER konnte nachweisen, daß sich die drei kultivierten Bananensorten „Dole", „Radjah Siam" und „Kladi" durch ihre verschiedene Chromosomenzahl unterscheiden lassen, und zwar führt die erste Sorte 8, die zweite 16, die dritte 24 haploide Chromosomen. Die Kernvolumina verhalten sich dabei im selben Stadium wie 1 : 2 : 3. — Ferner sei dann auf die Arbeit von M. ISHIKAWA über japanische Dahlien hingewiesen. Die haploide Chromosomenzahl von

Dahlia coronata beträgt 16, die sämtlicher anderer untersuchter Arten und Rassen 32. Unterschiede in der Größe der Chromosomen sind hier, soweit sich das aus den Zeichnungen ersehen läßt, wohl vorhanden, ohne daß sich aber irgendwie bestimmte Vermutungen über die Entstehung der höheren Zahl hier aussprechen ließen.

Bananen und Dahlien sind alte Kulturpflanzen; die Frage, ob ihre Rassen und Formen ihre Entstehung Kreuzungen oder Mutationen verdanken, ist durch die Chromosomenforschungen TISCHLERs und ISHIKAWAs gewiß ein gutes Stück ihrer Lösung näher gebracht worden. Denn, wir dürfen wohl sagen, wenn wir die am besten bekannte *Onoethera gigas* zum Vergleich heranziehen, daß solch diploide Rassen durch Mutation aus ihren haploiden Ahnen einmal hervorgegangen sind. So wirft denn auch hier die cytologische Forschung recht unerwartete Lichter in die Dunkelheit phylogenetischer Probleme.

Ein solch dunkles Problem ist wohl trotz der überraschenden Entdeckungen der letzten Zeit immer noch die Frage nach dem Ursprung und den phylogenetischen Zusammenhängen, die zwischen den so mannigfaltigen Arten und Varietäten der wichtigsten Kulturpflanze, des Weizens, bestehen.

Nach dem besten Kenner der Getreidearten, FR. KÖRNICKE, lassen sich die Kulturweizen in zwei Gruppen einteilen. Zur ersten gehört *Triticum monococcum*, das Einkorn, dessen Stammpflanze, *Triticum monococcum* var. *lasiorrhachis*, schon seit längerer Zeit bekannt ist. *Triticum monococcum* lassen sich, wie das auch ASCHERSON und GRÄBNER tun, die übrigen kultivierten Weizenarten als Sammelart *Triticum sativum* gegenüberstellen. Dazu rechnen ASCHERSON und GRÄBNER *Triticum Spelta*, *Triticum dicoccum* und *Triticum tenax*, während diesen Autoren die Stellung des merkwürdigen *Triticum polonicum* noch recht fraglich erscheint. Maßgebend für die abgesonderte Stellung des *Triticum monococcum* ist vor allem der Umstand, daß es bis dahin nicht gelungen ist, Bastarde zwischen diesem und den anderen *Triticum*-Arten zu erzeugen.

Über die Frage nach dem Ursprung der unter dem Sammelnamen *Triticum vulgare (sativum)* zusammengefaßten Arten war man vor kurzer Zeit noch völlig im unklaren, bis 1906 A. AARONSOHN in Palästina eine Pflanze neu entdeckte, die schon 1855 von KOTSCHY gesammelt worden war und in der FR. KÖRNICKE die Stammpflanze unserer kultivierten Weizenarten vermutet hatte. Die Pflanzen, die aus dem von AARONSOHN nach Bonn gesandten

Samen hervorgingen, festigten dann noch FR. KÖRNICKE in seiner Ansicht. Auch SOLMS-LAUBACH der in seiner zusammenfassenden Darstellung im Jahre 1899 das Indigenat des Urweizens in Zentralasien vermutete, hat sich durch die Arbeiten von AARONSOHN davon überzeugen lassen, daß wir in *Triticum dicoccoides* wohl die Stammpflanze des Weizens zu suchen haben. (SOLMS 1910.)

Während der Sommer 1909 und 1910 bot sich mir als Assistenten am botanischen Institut der landwirtschaftlichen Akademie reichlich Gelegenheit, die aus dem AARONSOHNschen Saatgut hervorgegangenen Pflanzen in ihrer ganzen Entwickelung zu beobachten. Was mir dabei vor allem auffiel, das waren die großen Verschiedenheiten, die sich einmal im äußeren Wuchs, dann aber auch in der Blütezeit, in der Farbe der Antheren und in vielen anderen Merkmalen zwischen den von den verschiedenen Standorten herstammenden Stöcken zeigte. Das ist ja auch nicht weiter verwunderlich, kommt doch *Triticum dicoccoides* einerseits am Hermon in Höhen von 1900 m und andererseits im Jordantal bei — 150 m vor. Bemerkenswert ist aber doch, daß sich diese verschiedenen Modifikationen auch in einer längeren Kultur unter gleichmäßigen äußeren Umständen erhalten.

Ich habe nun, da es mir hauptsächlich darauf ankam, die meiotischen Kernteilungen zu studieren, junge, noch innerhalb der umhüllenden Blattscheiden steckende Ähren der verschiedenen Getreidearten in Alkoholeisessig und in dem FLEMINGschen Gemisch fixiert, eingebettet, in 5—10 μ dicke Schnitte zerlegt und mit den im Bonner Institut üblichen Färbemethoden behandelt, wobei ich bald dem HEIDENHAINschen Hämatoxylinverfahren den Vorzug gab.

Von meiner ursprünglichen Absicht, auch die somatischen Kernteilungen in den Kreis meiner Betrachtungen zu ziehen, mußte ich leider absehen. Die äußerst schmalen und langen Chromosomen sind dort so stark durcheinander geschlungen, daß es mir auch beim Durchmustern zahlreicher Präparate von Wurzelspitzen und Vegetationskegeln niemals gelungen ist, einwandfreie Kernplatten anzutreffen.

Die meiotischen Kernteilungen von *Triticum vulgare* sind schon zweimal geschildert worden. Einmal von M. KÖRNICKE, der, ohne die der Bildung der Gemini vorangehenden Stadien zu berücksichtigen, für *Triticum vulgare* var. *compactum* instruktive Bilder der Diakinese, der heterotypischen und der homöotypischen Teilung der Pollenmutterzellen und der ersten Teilung der Embryosack-

mutterzellen gegeben hat. Es geht aus seinen Bildern und seiner Darstellung mit großer Sicherheit hervor, daß die Zahl der Gemini 8 beträgt und auch bei somatischen Zellen ist es ihm gelungen, als diploide Zahl 16 festzustellen, wenn er auch zugibt, daß ihm in einem vegetativen Kern des Antherengewebes einmal 24 Segmente entgegengetreten sind.

Weiterhin hat dann M. NAKAO die Reduktionsteilung bei den wichtigsten Getreidearten Weizen, Roggen und Gerste studiert und dabei auch die der Ausbildung der Gemini vorangehenden Stadien genauer berücksichtigt. Er hat in praesynaptischen Stadien Prochromosomen in ungefähr diploider Zahl gefunden, hat dann die folgenden zur Ausbildung der Gemini führenden Stadien genauer berücksichtigt, worauf ich aber hier nicht eingehen will. Es sei nur vor allem erwähnt, daß er die haploide Chromosomenzahl 8 für den Weizen bestätigen konnte. Auch der Roggen zeigt 8 Gemini, während bei der Gerste deren nur 7 auftreten sollen.

Triticum dicoccoides weist nun auch 8 haploide Chromosomen auf. Auf eine eingehende Schilderung der Reduktionsteilung soll hier verzichtet werden. Fig. 1 stellt eine heterotypische Kernplatte von *Triticum dicoccoides* dar, Fig. 2 das entsprechende Stadium von *Triticum vulgare*. Die Gemini des letzteren scheinen etwas größer zu sein, aber Vergleiche mit andern entsprechenden Kernplatten und mit den von NAKAO (Fig. 69) und M. KÖRNICKE (Fig. 7) gegebenen Abbildungen lassen erkennen, daß es sich hier nur um äußerst kleine, Messungen weiter nicht zugängliche und vielleicht auch individuelle Differenzen handelt. Als Fig. 3 bringe ich eine heterotypische Spindel, die sich durch ein früher als die andern polwärts wanderndes Chromosom auszeichnet, aber auch das ist eine Erscheinung, die einem bei *Triticum vulgare* gelegentlich begegnen kann. Fig. 4 soll die Diakinese darstellen und hauptsächlich zum Vergleich mit später zu besprechenden Bildern dienen.

Es bieten sich also offenbar hier nicht, wie das bei den oben zitierten Beispielen der Fall war, aus der Chromosomenzahl irgendwelche Anhaltspunkte für phylogenetische Betrachtungen. Es wäre nun bloß noch *Triticum monococcum* in Betracht zu ziehen. Auch hiervon hatte ich vergangenen Sommer Material fixiert. Aber leider war das zu früh geschehen, so daß ich dort nur die Synapsis studieren konnte. Nach dem Anblick der Prochromosomen will es mir aber scheinen, als ob auch dort die gleiche Chromosamenzahl sich fände.

Ausdrücklich sei nun aber bemerkt, daß ich nicht etwa meine, daß mein negativer Fund die Veranlassung dazu sein

soll, an der Stellung des *Triticum dicoccoides* als Stammpflanze des Weizens zu zweifeln, sind doch auch genügend Fälle bekannt, wo sich zahlreiche Varietäten einer Art oder Arten einer Gattung durch die immer wiederkehrende selbe Chromosomenzahl auszeichnen. So ist es, um nur ein naheliegendes Beispiel heranziehen, bei den in Japan kultivierten zahlreichen Reisrassen, die kürzlich J. KUWADA untersucht hat.

Über die Abstammung des Weizens haben auch schon einmal Anschauungen geherrscht, die von den hier gegebenen recht stark abweichen. 1853 hatte der Landwirt FABRE in Agde beobachtet, wie aus Körnern von *Aegilops ovata*, einer in Mittelmeergegenden häufigen, mit *Triticum* nahe verwandten Graminee, Pflanzen hervorgingen, die sich hauptsächlich durch ihren hohen Wuchs und dann durch eine Reihe anderer Merkmale von ihrer Mutterpflanze wesentlich unterschieden und die mit einem andern früher beschriebenen *Aegilops*, dem *Ae. triticoides* große Ähnlichkeit aufwiesen. Die Körner dieser Pflanze wurden gesammelt und ausgesäet, und es zeigte sich die merkwürdige Tatsache, daß in zwölf aufeinanderfolgenden Generationen die Nachkommen immer weizenähnlicher wurden. Aus diesen Versuchen schlossen nun FABRE und mit ihm DUNAL, daß sich unter gewissen Umständen *Aegilops ovata* im Verlaufe einiger Generationen in echten Weizen umwandeln können. Daß es sich hier um eine Täuschung handle, konnten dann hauptsächlich GODRON und GRÖNLAND nachweisen, die zeigten, daß *Aegilops triticoides* nichts anderes darstellt als einen Bastard zwischen *Triticum vulgare* ♂ × *Aegilops ovata* ♀ und zwar einen pollensterilen Bastard, dessen Rückkreuzungen mit *Triticum vulgare* ♂ die anscheinend so weizenähnlichen Formen waren, die FABRE vorgelegen hatten.

Es wird wohl heute kaum noch jemanden geben, der diesen *Aegilops*bastarden irgendwelche Bedeutung für die Phylogenie des Weizens zuerkennt. Aber auf der anderen Seite ist die große Literatur, die von Beginn der 50er bis Ende der 70er Jahre durch die Erzeugung dieses Bastardes besonders in Frankreich hervorgerufen wurde, doch von der modernen Erblichkeits- und Bastardforschung zu Unrecht vernachlässigt worden. Eine gute kritische Übersicht über die verstreuten Publikationen bietet die Arbeit von SOLMS. Sie ist 1899 erschienen und die Wiederentdeckung der MENDELschen Gesetze fällt bekanntlich erst in das Jahr 1900. So konnten denn die Resultate der französischen Forscher damals noch nicht von neuern Gesichtspunkten aus betrachtet werden. Ein erneutes Durchlesen besonders der Arbeiten von GODRON

zeigte mir aber, daß seine Angaben, um vom Standpunkt der „presence und absence“ Hypothese aus, wie sie in der BAURschen Einführung so konsequent durchgeführt wurde, beurteilt zu werden, doch viel zu unvollständig sind. Der einzige Weg, um da manchen dunklen Punkt neu zu beleuchten — ich möchte besonders der von GODRON angegebenen großen Verschiedenheit der Bastarde *Triticum vulgare* ♂ × *Aegilops ovata* ♀ und *Aegilops ovata* ♂ × *Triticum vulgare* ♀ gedenken —, scheint mir eine neue experimentelle Herstellung der betreffenden Hybride zu sein. Diese Untersuchung beabsichtige ich vorzunehmen. Sie wird auch besonders deshalb wichtig sein, weil ich, und das sind meine ersten Bemühungen auf diesem Gebiet, feststellen konnte, daß *Aegilops ovata* 16 haploide Chromosomen, d. h. die doppelte Zahl wie *Triticum vulgare* und *Triticum dicoccoides* aufweist.

Meine Figuren 5—16 sollen die heterotypische Kernteilung von *Aegilops ovata* darstellen. Neue für die stark umstrittene Deutung dieser Teilung wichtige Tatsachen konnten bei Berücksichtigung dieses einen Objekts natürlich nicht erzielt werden, und so habe ich auch keineswegs die Absicht, mich hier in die Diskussion über irgendwelchen Punkt näher einzulassen. Ich begnüge mich mit der Feststellung, daß nach meiner Ansicht die gegebenen Figuren für die „pseudoréduction parasyndétique ou zygotenique“ GRÉGOIRES sprechen und daß sie sich wohl am engsten an die von STRASBURGER, ALLEN, OVERTON und MIYAKE gegebene Darstellung des Reduktionsprozesses anschließen.

In den frühesten praesynaptischen Stadien, die mir entgegentraten, waren Prochromosomen allerdings meist in einer viel zu niederen Zahl deutlich wahrzunehmen (Fig. 5). Das Vorhandensein von Gamosomen konnte nie konstatiert werden, aber die Möglichkeit, daß es sich in den abgebildeten Chromatinklümpchen um Verschmelzungsprodukte zweier Gamosomen handelt, scheint mir nicht ausgeschlossen. Fig. 6 stellt die Synapsis (im engern, nicht im GRÉGOIRESchen Sinne) dar. Auch hier sind die Chromatinpartikelchen noch deutlich zu erkennen. Aus der synaptischen Kontraktion bildet sich nun das Spirem aus. Andeutungen von doppelten Fäden finden sich in Fig. 8 oben. Dieses zygotene Stadium scheint aber sehr bald in ein typisches Pachynema überzugehen, wie es die Figuren 7 und 8 darstellen. Mit aller Deutlichkeit ist die dann folgende Längsspaltung wahrzunehmen, und wir sehen auch, ganz wie das z. B. von STRASBURGER schon des öfteren geschildert wurde, an gegenüberliegenden Stellen der Fäden sich stärker färbende Teile ansammeln. (Fig. 9 und 10.) Die

folgenden Stadien (Fig. 11) zeigen den Beginn der Diakinese, die zu einem Geminus gehörenden beiden Chromosomen sind fest umeinander gedreht und gewunden. Schließlich kommen auch hier wieder Bilder zustande, die am meisten an die von MIYAKE so genau untersuchte *Galtonia* erinnern (Fig. 12) und deren Deutung ohne ein genaueres Studium der vorangehenden Etappen zweifelhaft sein könnte. In der Diakinese ist die Zählung der Gemini meist mit beträchtlichen Schwierigkeiten verbunden, da hier, sowie in späteren Stadien, sich oft eine außerordentlich starke Verklebung störend geltend macht.

Auf eine ausführliche Diskussion meiner Ergebnisse unter Berücksichtigung der enorm angeschwollenen Literatur verzichte ich hier. Es sei nur kurz erwähnt, daß sich beim Weizen, soweit ich das den Darstellungen NAKAOs und eigenen Präparaten entnehmen kann, die Dinge ziemlich gleich abspielen, nur daß sich dort die zygotene Spaltung deutlicher als an meinem Objekt nachweisen läßt.

Eine heterotypische Kernplatte in Polansicht stellt Figur 14 dar. Die 16 Gemini lassen sich deutlich erkennen. Ein Vergleich mit den sich auf die *Triticum*arten beziehenden Figuren 1 und 2 ist recht instruktiv, sehen wir doch, daß die Kernplatte hier eine bedeutend größere Fläche bedeckt, daß anderseits die einzelnen Gemini viel schmaler erscheinen als wie beim Weizen. Um nur ein ähnliches Beispiel aus der Literatur heranzuziehen, so zeigen uns die Figuren 32 (*Drosera longifolia*) und 33 (*Drosera rotundifolia*) der ROSENBERGschen Arbeit, daß dort ganz die gleichen Verhältnisse herrschen wie hier, nur daß sich dort zwischen den einzelnen Gemini der beiden *Drosera*arten keine Größenunterschiede wahrnehmen lassen. Noch besser sind die Formunterschiede aus den Seitenansichten der heterotypischen Spindeln zu ersehen. Bei *Triticum dicoccoides* haben wir recht plumpe Gebilde vor uns, bei *Aegilops ovata* etwa halb so schmale, die Anheftungsstelle an die Spindelfasern deutlich zeigende Körper. Figur 16 zeigt endlich in der Anaphase der Reduktionsteilung die bereits für die homöotypische Teilung gespaltenen Chromosomen. Die heller gehaltenen gehören einem tiefer liegenden, die dunklern einem dem Beschauer zugekehrten Tochterkern an. Wir können oben 15 Chromosomen zählen, aber die Möglichkeit, daß eines von ihnen ein Verklebungsprodukt darstellt, scheint mir nicht ausgeschlossen, in der untern Hälfte sind nicht alle Chromosomen vom Schnitte getroffen worden.

Aus den eben beschriebenen Tatsachen, der haploiden Chromosomenzahl, 16 bei *Aegilops* 8 bei *Triticum*, irgendwelche Schlüsse

über die Verwandtschaft der beiden genannten Arten ziehen zu wollen, scheint mir — trotzdem ASCHERSON und GRÄBNER an eine so nahe Zugehörigkeit von *Aegilops* zu *Triticum* glauben, daß sie die beiden Gattungen vereint haben — doch in Anbetracht der vielen großen Unterschiede noch etwas gewagt. Wohl wird sich nun aber, und das soll der Zweck dieser Arbeit sein, unsere Aufmerksamkeit von neuem wieder den halb vergessenen Bastarden von *Aegilops* und *Triticum* zuzuwenden haben. Ich habe schon oben betont, daß nur gewissenhafte Kreuzungsversuche hier zum Ziel führen können. So darf ich denn zum Schluß nur ganz nebenbei erwähnen, daß ich im letzten Sommer auch Material eines in Kulturen von *Aegilops ovata* im Poppelsdorfer ökonomisch-botanischen Garten spontan aufgetretenen Bastards zytologisch untersucht habe. In einigen Antheren zeigten sich normale Reduktionsteilungen. Die Zahl der Gemini betrug merkwürdigerweise 14. Da ich aber die Abkunft dieses Bastards nicht genau kenne, so führe ich diese Tatsache nur an, um zu zeigen, daß auch hier wie bei andern pollensterilen Pflanzen die Reduktionsteilung noch normal verlaufen kann, und daß wir hier Pflanzen vor uns haben, die uns, wie mir scheint, vor die Möglichkeit stellen, das Verhalten mendelnder Merkmale bei Bastarden mit der Zahl und Größe ihrer Chromosomen in irgendeinen Zusammenhang zu bringen. Eine darauf zielende Untersuchung wird aber zum mindesten 4 Jahre dauern. Ihr erstes bescheidenes Resultat ist die Konstatierung der beiden Tatsachen, die als Resumé noch hier am Ende stehen mögen.

1. *Triticum dicoccoides* hat 8 haploide Chromosomen wie *Triticum vulgare* und *Secale cereale*.

2. *Aegilops ovata*, der imstande ist, mit *Triticum*arten Bastarde zu bilden, hat 16 haploide Chromosomen.

Herrn Professor M. KÖRNICKE, der mir mit größter Liebenswürdigkeit die Pflanzen vom Versuchsfeld des ihm unterstellten Instituts und die Bibliothek seines Vaters F. KÖRNICKE zur Verfügung gestellt hat, spreche ich meinen warmen Dank aus.

Zitierte Literatur.

AARONSOHN, A., Contribution à l'histoire des Céréales. Le blé, l'orge et le seigle à l'état sauvage (Bulletin de la société botanique de France. Mars et avril 1909.)

ASCHERSON, P., und GRÄBNER, P., Synopsis der mitteleuropäischen Flora. 2. Bd., 1. Abt. Leipzig 1898—1902.

BAUR, E., Einführung in die experimentelle Vererbungslehre. Berlin 1911.

Dunal, F., Courte introduction au travail de M. E. Fabre d'Agde sur la metamorphose des *Aegilops* en *Triticum*. (S. Fabbe.)

Fabre, E., Des *Aegilops* du midi de la france et de leur transformation en *Triticum* (blé cultivé) Extraits des procès verbaux des séances de l'Acad. des sc. et lettres de Montpellier 1850—51.

Godron, D. A., De la fécondation naturelle et artificielle des *Aegilops* par le *Triticum*. Ann. sc. nat. ser IV, t. II, 1854, S. 215.

—, De l'*Aegilops triticoides* de ses différentes formes. Ann. sc. nat. ser. IV, t. V, 1856, S. 74.

—, Des hybrides végétaux considérées au point de vue de leur fécondité et de la perpétuité et non perpétuité de leurs caractères. Ann. sc. nat. ser. IV, t. 19, 1863, S. 63.

Grégoire, V., Les cinèses de maturation dans les deux règnes.. La Cellule t. XXVI. 2 d. fasc. p. 223, 1910.

Grönland, J., Einige Worte über die Bastardbildungen in der Gattung *Aegilops*. Pringsheims Jahrbücher Bd. I, S. 514, 1858.

Ishikawa, M., Cytologische Studien von Dahlien. Botanical Magazine. Tokyo. Bd. XXV., Nr. 288, 1911.

Körnicke, Fr., Notiz über den Urweizen in Verhandl. des naturhistorisch Vereins des preuß. Rheinl. und Westfalens. 1889.

—, Die Entstehung und das Verhalten neuer Getreidevarietäten. Archiv für Biontologie, herausgegeben von der Gesellschaft naturforschender Freunde zu Berlin. Bd. II, S. 393, 1908. Herausgegeben von M. Körnicke.

Körnicke, M., Untersuchungen über die Entstehung und Entwicklung der Sexualorgane von *Triticum*, mit besonderer Berücksichtigung der Kernteilungen. In.-Dissertation, Bonn 1897.

Kuwada, J., A cytological study of *Oryza sativa*. Botanical Magazine Tokyo. Vol. XXIV, Nr. 287, S. 267, 1910.

Nakao, M., Cytological studies on the nuclear division of the pollen mother cells of some cereals and their hybrids. Journ. of the college of agriculture. Tohoku Imp. University. Sapporto 1911.

Rosenberg, O., Cytologische und morphologische Studien an *Drosera longifolia* und *rotundifolia*. Kungl. svenska vetenskapsakademiens Handlingar, Bd. 43, Nr. 11, 1909.

Solms-Laubach, H. Graf zu, Weizen und Tulpe und deren Geschichte Leipzig 1899.

—, Referat über die Arbeit von A. Aaronsohn in Zeitschr. für Botanik, Bd. II, S. 105, 1910.

Strasburger, E., Allen, Ch. E., Overton, I. B., Miyake, K., Typische und allotypische Kernteilung. Jahrbücher f. wiss. Botanik, Bd. 41, S. 1, 1905.

Strasburger, E., Chromosomenzahl. Flora, Bd. 100, S. 398.

Tischler, G., Untersuchungen über die Entwicklung des Bananen-Pollens I. Archiv für Zellforschung Bd. 5, S. 622, 1910.

Erklärung der Tafel VIII.

Sämtliche Figuren sind mit den Zeissschen Linsen apochrom. Immersion 1,5 mm Brennweite, Apertur 1,30 und Comp.-Ocular 12 und mittels des Abbeschen Zeichenapparats entworfen.

Fig. 1. *Triticum dicoccoides*. Heterotypische Spindel in Polansicht.
Fig. 2. *Triticum vulgare*. Heterotypische Spindel in Polansicht.
Fig. 3. *Triticum dicoccoides*. Heterotypische Spindel in Seitenansicht.
Fig. 4. *Triticum dicoccoides*. Diakinese.

Alle folgenden Figuren beziehen sich auf die Ausbildung der männlichen Sexualzellen von *Aegilops ovata*.

Fig. 5. Praesynaptisches Studium.
Fig. 6. Synapsis.
Fig. 7. Pachynema, teilweise noch Zygonema.
Fig. 8. „
Fig. 9. Strepsinema.
Fig. 10. „
Fig. 11. Diakinese.
Fig. 12. „
Fig. 13. „
Fig. 14. Heterotypische Spindel in Polansicht.
Fig. 15. Heterotypische Spindel in Seitenansicht.
Fig. 16. Anaphase der heterotypischen Teilung.

Bonn, 4. April 1912.

---

25. A. Schulz: Die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands und seiner Umgebung (mit Ausschluß der Alpen), III[1].

(Eingegangen am 12. April 1912.)

Lassen sich nun auch geognostische Tatsachen anführen, die für das Vorhandensein der in der vorigen Abhandlung unterschiedenen nacheiszeitlichen Perioden sprechen?

Auf das Vorhandensein von nacheiszeitlichen trockenen Perioden läßt sich meines Erachtens bestimmt aus dem Bau der nordwestdeutschen Hochmoore, sowie aus gewissen Flußtalablagerungen Nord- und Mitteldeutschlands schließen.

Die ältesten der nordwestdeutschen Hochmoore[2]) ent-

1) I u. II siehe S. 108 u. f.

2) Vgl. hierzu vorzüglich Weber, Aufbau und Vegetation der Moore Norddeutschlands, Englers Bot. Jahrbücher Bd. 40, Beibl. Nr. 90 (1907) S. 19—34 mit 2 Taf.; Schulz, Die Entwicklungsgeschichte der recenten Moore Norddeutschlands, Zeitschr. f. Naturw. Bd. 80 (1908) S. 97—124; Weber, Was lehrt der Aufbau der Moore Norddeutschlands über den Wechsel des Klimas in postglazialer Zeit? Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesellschaft Bd. 62 (1910) Abh. S. 143—162; Stoller, Die Beziehungen der nordwestdeutschen Moore zum nacheiszeitlichen Klima, ebendas. S. 163—189.

halten zwei aus Sphagnetumtorf bestehende, je ungefähr $1^1/_2$—3 m mächtige Schichten, den sog. älteren Sphagnetumtorf und den sog. jüngeren Sphagnetumtorf, die durch eine meist aus Callunetum- und Cladonietumtorf, sowie — oder — Eriophoretumtorf bestehende, gewöhnlich nur wenige Dezimeter mächtige Schicht, WEBERs Grenzhorizont, getrennt sind. Dieser Grenzhorizont weist auf eine Unterbrechung der Sphagnetumtorfbildung hin. Die Moore müssen damals zunächst so trocken gewesen sein, daß das *Sphagnum* auf ihnen ganz oder fast ganz abstarb, sie sich mit *Calluna*- und Cladonienbeständen, teilweise auch mit meist kümmerlichem aus *Pinus silvestris* und *Betula* bestehendem Walde bedeckten, und ihr Sphagnetumtorf unter dem Einfluß der Atmosphaerilien eine starke chemische Zersetzung erfuhr. Dies kann nur in einer Zeit geschehen sein, in der das Klima des nordwestlichen — und damit auch des übrigen — Deutschlands erheblich trockener und sein Sommerklima wohl auch heißer als gegenwärtig war. Denn gegenwärtig sind die vom Menschen nicht stärker beeinflußten nordwestdeutschen Hochmoore mit lebendem, weiterwachsendem *Sphagnum* bedeckt. Darauf muß das Klima wieder feuchter geworden sein. Die versumpfende Oberfläche des jetzt für Wasser schwer durchlässigen Sphagnetumtorfes der Moore bedeckte sich nun zunächst mit *Eriophorum*-, vorzüglich *Eriophorum-vaginatum*-Beständen, die schnell in Sphagneten übergingen, aus denen der jüngere Sphagnetumtorf hervorgegangen ist. Dieser Torf ist leider durch die Kultur in sehr vielen der alten Moore stark verändert oder ganz zerstört worden. In dem erhaltenen jüngeren Sphagnetumtorfe ist im Großen Moore bei Triangel unweit Gifhorn nördlich von Braunschweig[1]) eine ausgedehnte Schicht von der Art des WEBERschen Grenzhorizontes gefunden worden. Durch sie wird der dortige jüngere Sphagnetumtorf in eine untere, stärker zersetzte (halbreife) und in eine obere, weniger zersetzte (unreife) Partie zerlegt[1]). Wenig ausgedehnte, oft aber doch mehrere Meter lange, dünne Schichten dieser Art — die sog. Bultlagen — sind dagegen gewöhnlich, wenn auch nicht überall gleich zahlreich, im jüngeren Sphagnetumtorfe vorhanden. Aus dem oberen Grenzhorizonte des Gifhorner Moores darf man ohne weiteres nicht auf eine längere Periode mit trockenem Klima schließen, er könnte seine Entstehung

1) Vgl. POTONIÉ, Das Auftreten zweier Grenzhorizonte innerhalb eines und desselben Hochmoorprofiles, Jahrb. d. Kgl. Preuß. Geol. Landesanstalt f. 1908 Bd. 29 (1909) S. 398—409, sowie WEBER, Was lehrt der Aufbau usw., a. a. O. S. 159.

auch lokalen Ursachen verdanken. Die Bultlagen weisen aber wohl auf Zeiten mit verhältnismäßig trockenem Klima hin, in denen sich kleine Partien der Moore mit Heidesträuchern, vorzüglich *Calluna*, und Krüppelbäumen bedeckten, die später, nachdem das Klima wieder feuchter geworden war, vom *Sphagnum* überwachsen wurden.

Aus dem Bau der nordwestdeutschen Hochmoore kann man somit schließen, daß in deren Entwicklungszeit nur eine Periode[1]) mit so trockenem Klima fällt, daß das *Sphagnum* auf den meisten Mooren ausstarb und sich diese, deren obere Partien damals wahrscheinlich durch den Wind abgetragen wurden, mit *Calluna*- und Cladonienbeständen, stellenweise auch mit meist kümmerlichem Walde bedeckten. Es scheint also der Bau der nordwestdeutschen Hochmoore meiner Annahme von vier nacheiszeitlichen trockenen Perioden, von denen vor allem die erste, aber auch die zweite ein erheblich trockeneres Klima als die Gegenwart gehabt haben muß, zu widersprechen. Um diesen scheinbaren Widerspruch zu erklären, nahm ich früher an, daß in der ersten trockenen Periode der gesamte bis dahin gebildete nacheiszeitliche Sphagnetumtorf zerstört und durch den Wind abgetragen worden sei, daß also der ältere Sphagnetumtorf erst in der Zeit nach dieser Periode entstanden sei, daß WEBERs Grenzhorizont aus der zweiten heißen Periode stamme und, daß die beiden letzten trockenen Perioden die Moore nur unbedeutend beeinflußt hätten. Nun gibt aber STOLLER[2]) an, daß fast in allen Hochmooren Nordwestdeutschlands Reste wärmeliebender Holzgewächse — *Tilia parvifolia*, *Corylus Avellana*, *Quercus pedunculata*, *Alnus glutinosa* — erst in den obersten Partien des älteren Sphagnetumtorfes, in der Nähe des Grenzhorizontes auftreten. Wenn diese Angabe den Tatsachen entspricht — ich hatte keine Gelegenheit, sie nachzuprüfen —, so muß die Entstehung des älteren Sphagnetumtorfes vor die erste trockene Periode fallen; man müßte sonst annehmen, daß sich die Elemente der zweiten und die der dritten Gruppe erheblich vor den bezeichneten Holzgewächsen in Deutschland angesiedelt hätten. Eine solche Annahme würde aber ganz widersinnig sein. Es muß also die Einwirkung der ersten trockenen Periode auf die nordwestdeutschen Moore

1) Es gibt freilich auch Forscher, die WEBERs Grenzhorizont nicht als Beweis für das Vorhandensein eines trockenen Zeitabschnittes ansehen.

2) Die Beziehungen der nordwestdeutschen Moore zum nacheiszeitlichen Klima, Zeitsch. der Deutsch. Geol. Gesellsch. Bd. 62 (1910) Abhdlgn. S. 163—189 (167, 183).

unbedeutender gewesen sein als ich früher glaubte. Offenbar wurden damals in den meisten Hochmooren nur die oberen Partien des Torfes zerstört. Der ältere Sphagnetumtorf würde also in dem in der fünften Eiszeit mit Eis bedecktem Gebiete Norddeutschlands aus der Zeit zwischen dem Abschmelzen des Eises und der ersten trockenen Periode stammen. In den außerhalb des Randes der letzten Vereisung Norddeutschlands gelegenen Mooren stammt er dagegen wahrscheinlich aus der Zeit zwischen der in die letzte Zwischeneiszeit fallenden trockenen Periode, in der offenbar der vorher gebildete Sphagnetumtorf vollständig oder fast vollständig zerstört wurde, und der ersten nacheiszeitlichen trockenen Periode. In jenem Gebiete wird der ältere Sphagnetumtorf von Schichten unterlagert, die Reste von Phanerogamen enthalten, die in einer Zone am Rande des Eises der fünften Eiszeit lebten und von denen sich, wie schon gesagt wurde, manche auf dem damals mit Eis bedeckten Gelände und in seiner Umgebung erhalten haben. Außerhalb des Gebietes der letzten Vereisung scheint der ältere Sphagnetumtorf Schichten vom Charakter des Grenzhorizontes zu enthalten. Vielleicht sind diese in der Zeit der Maximalausdehnung des Eises dieser Eiszeit entstanden, in der in der Nähe des Eises wahrscheinlich ein für die Sphagna wenig günstiges trockenkaltes Klima herrschte.

Die zweite trockene Periode war, wie ich dargelegt habe, erheblich unbedeutender als die erste trockene Periode. Damals sind offenbar die nordwestdeutschen Hochmoore nur stellenweise so trocken geworden, daß das *Sphagnum* auf ihnen vollständig oder fast vollständig abstarb und sie sich mit Cladonien, *Calluna* usw. bedeckten. Das Große Moor bei Gifhorn dürfte zu diesen Mooren gehören [1]). Die beiden letzten trockenen Perioden, die noch viel unbedeutender waren, haben selbstverständlich die Moore noch weniger beeinflußt. Die Bultlagen dürften im wesentlichen aus diesen Perioden stammen. Ihre Entstehung wird gewöhnlich in die erwähnten kurzdauernden trockenen Abschnitte der Jetztzeit verlegt. Aus diesen stammt wohl auch ein Teil von ihnen. Bei sorgfältigerer Untersuchung des jüngeren Sphagnetumtorfes werden aber wohl noch erheblichere Spuren der beiden letzten trockenen Perioden und wohl auch noch mehr Spuren der zweiten

1) Stoller (a. a. O. S. 183) glaubt jedoch, „daß alle liegenden Schichten dieses Moores bis zum oberen Grenztorf einschließlich als ältere Moorschichten dem hangenden jüngeren Sphagnetumtorfe gegenüberzustellen sind".

trockenen Periode gefunden werden. Die Hauptmasse des jüngeren Sphagnetumtorfes hat sich offenbar in der ersten feuchten Periode gebildet.

Wenn sich nun auch aus dem Bau der nordwestdeutschen Hochmoore m. E. mit Bestimmtheit auf das Vorhandensein einer Periode mit sehr trockenem Klima in der Bildungszeit dieser Moore schließen läßt, so läßt sich aus den Verhältnissen dieser Moore doch nicht erkennen, wie im übrigen das Klima dieser Periode war[1]).

Von den deutschen Flußtalablagerungen sind die des Ilmenautales in der Lüneburger Heide am wichtigsten. Olbricht hat dargelegt[2]), daß das Ilmenautal nach der letzten Eiszeit offenbar viermal mit Sanden verschüttet worden ist, daß diese Verschüttung in vier trockenen Perioden, in denen die Sandböden im Ilmenaugebiete nur einen spärlichen Pflanzenwuchs trugen, und die sich in bezug auf Länge und Intensität proportional den Massen der aufgeschütteten Sande, also wie 9 : 5—6 : 3—4 : 1—2, verhalten, stattgefunden haben muß, und daß offenbar auf jede dieser trockenen Perioden eine niederschlagreiche Zeit gefolgt ist, in der sich die Ilmenau in die Sandaufschüttung der vorausgehenden trockenen Perioden eingeschnitten hat. Es ist sehr wahrscheinlich, daß Olbrichts vier trockene und vier feuchte Perioden, über deren Klima sich auf Grund der Ergebnisse seiner Untersuchungen

---

1) Die skandinavischen Hochmoore gestatten den Schluß auf das Vorhandensein mindestens einer nacheiszeitlichen Periode, in der in Skandinavien das Klima trockener und zeitweilig die Sommer und Winter wärmer waren als gegenwärtig. Solche Schlüsse, wie sie Blytt sowie Sernander und seine Anhänger aus den Verhältnissen der skandinavischen Moore gezogen haben, gestatten diese jedoch nicht. Die von Blytt als Stütze dieser Schlüsse beigebrachten, den Verhältnissen der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Norwegens entlehnten Gründe sind nicht stichhaltig. Vgl. hierzu Schulz, diese Berichte, Bd. 28 (1910), S. 126 u. f. u. S. 213 u. f., sowie Sernander, Die schwedischen Torfmoore als Zeugen postglazialer Klimaschwankungen, Die Veränderungen des Klimas seit dem Maximum der letzten Eiszeit, Eine Sammlung von Berichten, herausg. v. d. Exekutiv-Komitee d. 11. Internationalen Geologenkongresses (Stockholm 1910), S. 197 u. f., und Andersson, Swedish climate in the late-quaternary period, ebendas. S. 247 u. f.

2) Vgl. Olbricht, Verhandlgn. d. 17. Deutschen Geographentages zu Lübeck 1909 (1909), S. 25—36 (32—33); Ders., Centralbl. f. Mineralogie, Geologie u. Palaeontologie, Jahrg. 1909, S. 599—604; Ders., Grundlinien einer Landeskunde der Lüneburger Heide, Forschungen z. deutschen Landes- und Volkskunde, Bd. 18, Heft 6 (1909), S. 96 u. f., sowie Wüst, Centralbl. f. Mineralogie usw, Jahrg. 1911, S. 288—289.

Genaueres nicht sagen läßt, mit den von mir unterschiedenen vier trockenen [1]) und vier feuchten Perioden identisch sind [2]).

Wie ich schon dargelegt habe, bin ich überzeugt, daß der echte Löß in Perioden mit trockenen heißen Sommern entstanden ist. Er wird heute wohl allgemein für eine äolische Bildung gehalten, doch wird seine Ablagerung meist in die Eiszeiten verlegt und auf die damals vom Eise abfließenden heftigen trockenen Eiswinde zurückgeführt. Hat sich in den Eiszeiten wirklich Löß gebildet, so kann es doch nur ein Teil des vorhandenen echten Lößes sein. Denn es gibt ja auch in solchen Gebieten, in denen jene Eiswinde nicht geweht haben können, mächtige Lößablagerungen. Und außerdem weisen die in nacheiszeitlichen Ablagerungen echten Lößes der Schweiz [3]) gefundenen Conchylien bestimmt darauf hin, daß wenigstens diese Lößablagerungen nicht in Eiszeiten entstanden sind. Wie schon gesagt wurde, ist es sehr wahrscheinlich, daß wie in der Nacheiszeit feuchte und trockene Perioden miteinander abwechseln, so auch im Eiszeitalter mit den Eiszeiten, den verstärkten „feuchten" Perioden, verstärkte „trockene" Perioden abgewechselt haben. Wahrscheinlich stammt aus diesen der im Eiszeitalter gebildete echte Löß ganz oder zum großen Teil [4]). Daß die meisten heutigen Geologen die Entstehung des echten Lößes in die Eiszeiten verlegen, hat seinen Grund darin, daß diesen Forschern die Existenz sowohl nacheiszeitlicher als auch zwischeneiszeitlicher Perioden mit heißen trockenen Sommern unbekannt ist.

Für das Vorhandensein von nacheiszeitlichen feuchten Perioden sprechen außer den angeführten OLBRICHTschen Beobachtungen auch die Beobachtungen von PENCK und BRÜCKNER

---

1) Vielleicht zusammen mit den zugehörenden warmen Perioden.

2) Auch aus Mitteldeutschland sind nacheiszeitliche Flußterrassen bekannt — vgl. WÜST, Centralbl. f. Mineralogie usw., Jahrg. 1909, S. 388. u. 1911, S. 48—54 (51—52) —, deren Entstehung nur in trockene Zeiten fallen kann, doch läßt sich noch nichts darüber sagen, mit welchen der von mir unterschiedenen trockenen Perioden diese trockenen Zeitabschnitte identisch sind.

3) Nacheiszeitlicher — echter — Löß ist mit Sicherheit erst aus dem Alpengebiete, vorzüglich der Schweiz (Rheintal und Rhonetal, ein Teil des letzteren stammt aus der Zeit nach meiner zweiten feuchten Periode), bekannt. Doch sind z. B. auch die Mergel junger nacheiszeitlicher Saaleterrassen wohl echter Löß; vgl. hierüber WÜST, Centralbl. f. Mineralogie usw., Jahrg. 1909, S. 388.

4) Vgl. hierzu WÜST, Zeitschr. f. Naturw., Bd. 82 (1910), S. 161—252 (vorz. 236—238).

im Alpengebiete, aus denen sich schließen läßt, daß sich die Alpengletscher nach dem Rückzuge des Bühlvorstoßes noch zweimal erheblich über ihren heutigen Umfang vergrößert haben. PENCK und BRÜCKNER nehmen an, daß sich vor dem Beginne des zweiten, unbedeutenderen von diesen Gletschervorstößen, des Daunvorstoßes, die Gletscher unter ihren heutigen Umfang verkleinert hätten, leugnen aber, daß auch vor dem ersten dieser Vorstöße, dem Gschnitzvorstoße, ein so weiter Rückzug der Gletscher stattgefunden hätte. Sie haben aber keine stichhaltigen Gründe für diese Behauptung beigebracht und es liegt deshalb kein Hindernis für die Annahme vor, daß die Zeit des Gschnitzvorstoßes, auf deren Höhepunkte die Schneegrenze in den Alpen 600—800 m tiefer als in der Gegenwart lag, mit meiner ersten kühlen Periode, die ein recht kühles Sommerklima gehabt haben muß, die Zeit des Daunvorstoßes, auf deren Höhepunkte die Schneegrenze in den Alpen nur 300 m unter der heutigen lag, mit meiner zweiten kühlen Periode identisch ist. Außerdem scheinen in den Alpen aber auch noch deutliche Spuren eines dritten, dem zweiten an Größe nachstehenden Gletschervorstoßes vorhanden zu sein, was PENCK und BRÜCKNER allerdings, aber wie es scheint ebenfalls ohne stichhaltige Gründe leugnen. Die Spuren der unbedeutenden vierten feuchten Periode können in den Alpen sehr wohl bis jetzt übersehen sein.

Die geognostischen Tatsachen, die für das Vorhandensein von warmen nacheiszeitlichen Perioden sprechen, habe ich schon in der zweiten Abhandlung über diesen Gegenstand besprochen.

Das dürfte alles sein, was man gegenwärtig auf Grund der Ergebnisse der Untersuchung der nacheiszeitlichen geognostischen Bildungen des nördlicheren Europas zugunsten der von mir unterschiedenen nacheiszeitlichen klimatischen Perioden sagen kann. Diesem Wenigen steht aber nichts gegenüber, was gegen meine Annahmen spricht. Die geognostischen Tatsachen können allerdings auch in wesentlich anderer Weise gedeutet werden. Diese Deutungen erscheinen, wenn man die gegenwärtige Flora und Pflanzendecke Deutschlands und seiner Umgebung nicht berücksichtigt, z. T. viel ungezwungener als die vorhin vorgetragenen. Da nun fast alle Forscher — auch die Botaniker unter ihnen —, die sich mit den natürlichen Verhältnissen Deutschlands und seiner Umgebung in der Nacheiszeit beschäftigt haben, die gegenwärtige Flora und Pflanzendecke dieses Gebietes fast gar nicht oder gar nicht berücksichtigt haben oder doch nicht tiefer in diesen Gegenstand eingedrungen sind, so darf es nicht überraschen, daß sie zu

Ansichten über diese Verhältnisse — also auch über die Entwicklung der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands und seiner Umgebung — gelangt sind, die erheblich von den von mir vorgetragenen abweichen. Versucht man nun aber auf Grund jener Ansichten die gegenwärtige phanerogame Flora und Pflanzendecke Deutschlands und seiner Umgebung zu erklären, so erkennt man sehr bald, daß dies unmöglich ist, und damit die Unrichtigkeit jener Annahmen.

26. F. W. Neger: Spaltöffnungsschluß und künstliche Turgorsteigerung.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Mit 3 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 19. April 1912.)

Der Wunsch, einen Weg zu finden, um den Zustand der Spaltöffnungen an Coniferen-Nadeln verschiedenen Alters zu ermitteln, war die Veranlassung dazu, die S. 93 dieser Berichte (1912) beschriebenen Versuche mit der MOLISCHschen Infiltrationsmethode fortzusetzen und zu modifizieren.

Immergrüne Coniferen-Nadeln setzen allen derartigen Infiltrationsversuchen den hartnäckigsten Widerstand entgegen.

Selbst an künstlich erzeugten Öffnungen — Wunden — gelingt es nicht, eine Infiltration mit Alkohol, Benzol oder Äther zu erzielen. Diese dauernden Mißerfolge brachten mich auf den Gedanken, die Flüssigkeit durch Verbindung des Zweiges oder Blattes mit der Luftpumpe in das Blattinnere (auf dem Weg durch die Spaltöffnungen) einzusaugen [1]).

Trotzdem, daß ich eine sehr weitgehende Evakuation anwandte (ca. 20 mm), verliefen auch diese Versuche ergebnislos, was ich teils auf technische Schwierigkeiten der Versuchsanstellung, teils auf ungenügende Wegsamkeit der Leitungsbahnen für Luft zurückführen möchte.

Schließlich aber gelang es doch, auf einem Umweg das erstrebte Ziel zu erreichen, nämlich einfach dadurch, daß die Luft

1) DETMER empfiehlt dieses Verfahren in seinem „Pflanzenphysiologischen Praktikum", letzte Auflage 1909. Er sagt dort: „Man saugt die Luft aus dem Stiel des in Wasser tauchenden Blattes (von *Primula*) heraus, die Stomata und Interzellularen werden mit Wasser injiziert usw." Nach meinen Erfahrungen geht dies nur bei sehr zarten krautartigen Blättern.

statt durch die Leitungswege durch die Spaltöffnungen selbst herausgesogen wurde und dann, nachdem im Innern des Blattes (Nadel) ein hinreichend wirksames Vakuum entstanden war, durch den äußeren Luftdruck die Infiltrationsflüssigkeit in das Blattgewebe (wieder durch die Spaltöffnungen) gepreßt wird.

Die so gefundene Methode ermöglicht nicht nur die Infiltration der sonst so unzugänglichen Nadeln immergrüner Coniferen; sie eröffnet gleichzeitig für die Untersuchung vieler wichtiger, die Transpiration und den Turgor betreffenden Fragen eine weite Perspektive. Ich möchte sie deshalb in Kürze vorläufig mitteilen, mir aber den weiteren Ausbau und die Anwendung auf die Beantwortung physiologischer Fragestellungen, namentlich in bezug auf die forstlichen Kulturgewächse, bis zu einem gewissen Grad vorbehalten.

Auf eine eingehende Diskussion der bisher gewonnenen Resultate sowie der einschlägigen Literatur hoffe ich in einer späteren umfassenderen Abhandlung über Transpiration und Assimilation der Waldbäume zurückzukommen.

a) Die neue Methode.

Ich stecke einen beblätterten Zweig irgend einer Pflanze in Wasser, mit der Spitze nach unten, so daß die Basis aus dem Wasser hervorragt, bringe das Gefäß (Becherglas) unter den Recipienten einer gut arbeitenden Luftpumpe und evacuiere. Es empfiehlt sich, zu dem Versuch Wasser zu nehmen, das durch Kochen entlüftet worden war und sich in einem luftdicht geschlossenen Gefäß wieder von selbst abgekühlt hatte.

Ein Verschluß des unteren Zweigendes durch Lack oder Kitt ist empfehlenswert, wenn auch, wie die Versuche zeigten, in den meisten Fällen nicht nötig. Die Wegsamkeit der Achsenteile ist für gewöhnlich außerordentlich gering[1]).

1) SACHS stellt allerdings die Wegsamkeit der Leitungsbahnen für Gase als ziemlich bedeutend dar, indem er in seiner Experimentalphysiologie (Leipzig 1865), S. 252, Fig. 31, 32, 33, eine Reihe Versuche anführt, welche dies beweisen sollen. Es scheinen indessen in dieser Hinsicht große spezifische Unterschiede zu herrschen. Denn wenn ich einen Sproß von *Evonymus japonicus* so in Wasser steckte, daß die Basis und ein oder zwei Blätter in die Luft ragten, dann evakuierte usw, so erfolgte doch Infiltration der untergetauchten Blätter, obwohl die Luft in die nicht untergetauchten Blätter überaus leicht einströmt. Es scheint demnach, daß bei gewissen Pflanzen die einzelnen Blätter aerostatisch scharf getrennte Einheiten darstellen, und die Wegsamkeit der Leitungsbahnen recht gering sei. Nur innerhalb eines und desselben Blattes herrscht, wie es scheint, in vielen Fällen, aber auch nicht immer, ein und derselbe Druck. Vgl. übrigens die unter b. 5 angeführte einschränkende Beobachtung.

Wenn der Luftdruck beträchtlich gefallen ist, tritt die Luft aus dem Blattinnern auf dem Weg durch die Spaltöffnungen aus und steigt bei genügend starker Evakuation in Blasen in die Höhe; wird nun der äußere Luftdruck wieder hergestellt, so dringt das Wasser durch die Spaltöffnungen in das Innere des Blattes ein und füllt die Interzellularräume mit Wasser. Interessant an diesem Vorgang ist nun, mit wie außerordentlich verschiedener Schnelligkeit diese Infiltration erfolgt; bald sind nur wenige Sekunden dazu nötig, bald mehrere Minuten oder sogar Stunden. Das Vakuum hält sich offenbar sehr lang im Innern des Blattgewebes und wirkt saugend auf das umgebende Wasser[1]). Die Zeit, welche bis zur vollkommenen Infiltration nötig ist, kann sicher auch als ein Kriterium für die mehr oder weniger weite Öffnung der Spaltöffnungen angesehen werden. Allerdings darf nicht außer acht gelassen werden, daß Blätter, welche längere Zeit im Wasser liegen, Gelegenheit haben, ihren Turgor zu erhöhen und demgemäß die Stomata zu öffnen.

Ein mit Wasser infiltriertes Blatt hat genau das gleiche Aussehen wie ein erfrorenes, d. h. es ist durchscheinend geworden, nur mit dem Unterschied, daß es nicht schlaff, sondern infolge der Anfüllung der Interzellularräume mit Wasser turgeszent ist.

Natürlich kann als Infiltrationsflüssigkeit ebensowohl Alkohol oder eine andere Flüssigkeit verwendet werden. Alkohol dringt viel leichter ein als Wasser. Immerhin möchte ich glauben, daß der Vorzug der neuen Infiltrationsmethode eben darin liegt, daß kein Gift, sondern eine durchaus unschädliche Flüssigkeit in Anwendung kommt. Es hat sich nämlich gezeigt, daß ein mit Wasser infiltrierter Sproß, wenn er, in Wasser stehend, sich selbst überlassen wird, keinerlei Schädigung erkennen läßt. Das die Interzellularräume erfüllende Infiltrationswasser wird allmählich von den Zellen aufgenommen, und zu gleicher Zeit verlieren die Blätter ihr krankhaftes Aussehen und erlangen oft einen geradezu außerordentlichen Turgor.

Daß das Infiltrationswasser der Hauptsache nach von den Zellen aufgenommen wird und nur zum kleinsten Teil durch Verdunstung verloren geht, schließe ich aus folgender Beobachtung:

---

1) Wenn dagegen ein evakuiertes Blatt nur einen Augenblick der Luft ausgesetzt und dann wieder in Wasser gebracht wird, so ist von einer Infiltration nichts mehr zu merken. Die Spaltöffnungen sind natürlich für Luft viel wegsamer als für Flüssigkeiten.

Wird ein durch 12- bis 15stündiges Welken vollkommen schlaffgewordener Sproß, z. B. *Fuchsia* auf die angegebene Weise mit Wasser infiltriert, so wird der ursprüngliche Turgor wieder voll hergestellt, zunächst in der Weise, daß alle Blätter durchscheinend sind; aber schon nach 1—2 Stunden erhält die zuerst dunkelgrüne Blattunterseite ihr normales hellgrünes Aussehen, was beweist, daß die Interzellularräume des Schwammgewebes wieder mit Luft erfüllt sind. Der Turgor der Blätter hat aber eher zu als abgenommen, was unmöglich wäre, wenn das Infiltrationswasser durch Verdunstung abgegeben worden wäre.

Ich komme auf dieses Wiederauflebenlassen vollkommen welker Sprosse später noch einmal zurück.

Der Druck, bei welchem die Evakuation der Blattinnenluft so weit gediehen ist, daß nach Wiederherstellung des normalen Luftdruckes eine Infiltration stattfinden kann, ist nun sehr verschieden.

Er richtet sich nicht nur nach den spezifischen und durch den Entwicklungszustand gegebenen Eigenschaften, sondern namentlich nach dem Zustand, in welchem sich die Spaltöffnungen befinden, ob sie geschlossen oder offen sind.

Wir haben demnach auf Grund dieser Methode zwei Mittel, um für den Öffnungszustand der Spaltöffnungen einen zahlenmäßigen Ausdruck zu gewinnen:

1. Der Unterdruck durch welchen die Bedingungen für die Infiltration mit Wasser gegeben sind.
2. Die Zeit, welche bis zum Abschluß der Infiltration verstreicht.

Dazu käme noch ein drittes Symptom, welches aber zahlenmäßig schwerer zu fassen sein wird, nämlich die Menge von Luft, welche bei einem bestimmten Vacuum aus der Flächeneinheit eines Blattes austritt. Es müßte dies mit Hilfe eines kleinen auf die Blattfläche (Unterseite) aufgesetzten graduierten Rohres (Eudiometer) ermittelt werden. Meine diesbezüglichen Versuche erlauben noch kein abschließendes Urteil über die Verwendbarkeit dieses Verfahrens.

Einstweilen möchte ich mich damit begnügen, an einer Reihe von Beispielen zu zeigen, daß auf Grund der oben angeführten Gesichtspunkte mittels der „Evakuationsmethode“ Zahlen gewonnen werden können, welche die bisherigen Vorstellungen über das Offen- und Geschlossensein der Spaltöffnungen nicht nur nicht bestätigen, sondern ihnen sogar einen präziseren Ausdruck geben, als dies bisher möglich war.

Im einzelnen wäre es dann lohnend, diese Größen mit jenen zu vergleichen, welche von F. DARWIN[1]) mit Hilfe seines Hornhygroskops und von F. DARWIN und PERTZ[2]) mit Hilfe des Porometers gefunden werden.

b) Infiltration bei verschiedenem Spaltöffnungsschluß.

Um die Methode auf ihre Brauchbarkeit zu erproben, war es natürlich zunächst angebracht, sie unter bekannten Voraussetzungen arbeiten zu lassen.

1. Vergleich verwelkter Blätter mit frischen.

Blätter von *Pelargonium* sp. wurden unter Wasser evakuiert. Tiefster Barometerstand 30 mm. Nach dem Zuströmen von Luft war das frische Blatt vollkommen infiltriert, das welke nur an wenigen Stellen.

2 einjährige Blätter von *Evonymus japonicus*, das eine frisch, das andere vollkommen welk, wurden unter Wasser bis 20 mm evakuiert. Als dann der normale Luftdruck hergestellt wurde, infiltrierte sich das frische Blatt augenblicklich in seiner ganzen Ausdehnung mit Wasser, bei dem welken Blatt erfolgte die Infiltration sehr langsam und war erst nach 25 Minuten abgeschlossen. Der Versuch wurde mit ähnlichem Resultat mehrmals wiederholt.

War der gleiche Versuch in der Weise angestellt, daß die Blätter nur zur Hälfte untertauchen, so zeigt sich ein auffallender Unterschied.

Aus dem untergetauchten Teil des frischen Blattes strömt keine oder nur wenig Luft aus, offenbar passiert der ganze Luftstrom nur den herausragenden Teil des Blattes. Der untergetauchte Teil des welken Blattes dagegen bedeckt sich sofort mit einer dicken Schicht von Luftblasen. Dabei dürften zwei Faktoren wirksam sein, nämlich die Abnahme der Wegsamkeit in welken Blättern, sowie die weitere Öffnung der Stomata bei Benetzung des Blattes mit Wasser. Infiltration erfolgt allerdings in keinem der beiden Blätter. Vgl. übrigens die Versuche über Wegsamkeit des Mesophylls.

2 *Fuchsia*blätter, von welchen das eine 15 Stunden gewelkt hatte, das andere frisch war, wurden unter Wasser evakuiert. Das frische infiltrierte nach einer Evakuation bis auf 80 mm, das welke erst nach einer Evakuation auf 50—60 mm.

---

1) DARWIN, F., Observations on Stomata (Philos. transactions roy. soc. London 1898).

2) DARWIN, F., and PERTZ, D. F. M., On a new method of Estimating etc. (Proc. roy. soc. 1911.)

2. Vergleich ein- und zwei- (bzw. mehrjähriger Blätter von *Evonymus japonicus*.

Hier zeigte sich ein auffallender Unterschied je nachdem ob die Versuche am frühen Morgen oder am Abend eines warmen sonnigen Tages gemacht wurden.

Am Morgen infiltrierten bei gleicher Evakuation alte Blätter (im allgemeinen) schneller als junge, am Nachmittag besteht das umgekehrte Verhältnis.

Dies ist wohl so zu erklären, daß der Spaltöffnungsapparat junger Blätter beweglicher ist als derjenige älterer. Am Morgen sind die Spaltöffnungen der jungen Blätter noch geschlossen, am Nachmittag nach energischer Assimilation weit offen. Bei den älteren Blättern kommen diese Unterschiede weniger zur Geltung.

Ähnliche Erfahrungen machte ich, wenn ich frische und welke ein- und zweijährige Blätter von *Evonymus* in Vergleich zog, wenn auch diese Versuche niemals ein durch Zufälligkeiten ungetrübtes Bild ergaben. Im allgemeinen ist der Unterschied zwischen Infiltration und Nichtinfiltration bei gleicher Evakuation an den alten Blättern (frischen und welken) weniger deutlich als an den jungen, eben erst entwickelten, was eben eine Abnahme der Reaktionsfähigkeit des Spaltöffnungsapparats mit zunehmendem Alter beweist.

Sehr deutlich waren diese Unterschiede dagegen bei *Vaccinium vitis idaea*.

Es wurden in Vergleich gezogen frische und welke Blätter von 1912 und 1911.

Das Resultat ist aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich.

Evakuation: 20 mm.

	1912	1911
Frisch . . .	Infiltration vollständig und fast augenblicklich	Infiltration vollständig und sehr schnell
Welk . . .	Infiltration erst nach längerem Liegen im Wasser und dann sehr unvollständig	Infiltration fast ebenso schnell wie in den frischen Blättern von 1911

Der Versuch zeigt also, daß die Weite der Spaltöffnungen bei alten Blättern je nach den Turgorverhältnissen zwischen viel weniger weiten Grenzen schwankt als bei jüngern.

3. Vergleich verschiedener Pflanzenarten.

Die Druckerniedrigung, nach welcher Infiltration des Blattgewebes gelingt, ist eine Zahl, welche nicht nur nach dem jeweiligen Zustand des Spaltöffnungsapparates Schwankungen unter-

worfen ist, sie kann bis zu einem gewissen Grad als eine Konstante für die einzelne Art — Gleichheit äußerer Bedingungen vorausgesetzt — angesehen werden, wie aus folgenden Versuchen hervorgeht:

Pelargonium sp.	70	mm
Phaseolus vulgaris . . .	30	„
Fuchsia sp.	80	„
Birke	30	„
Hainbuche	60	„ usw.

4. Infiltration von Coniferennadeln.

Der Zweck der ganzen Versuchsanstellung war, wie ich eingangs erwähnte, endlich einen Weg zu finden, auf dem über den Zustand des Spaltöffnungsapparates der Coniferennadeln bestimmte Aufschlüsse gewonnen werden könnten.

Allerdings eignen sich nicht alle Nadelhölzer zu diesen Versuchen gleich gut; am besten die flachen zweiflächigen Nadeln von Eibe, Tanne, *Tsuga*, weniger die vierflächigen oder stielrunden von Fichte und Kiefer, weil sie die Infiltration weniger deutlich zeigen. Ich beschränkte mich daher zunächst auf die erstgenannten.

Frische dreijährige Triebe der Tanne (mit Nadeln von 1912, 1911 und 1910) in Wasser gebracht und evakuiert (20 mm) zeigen nach Wiederherstellung des normalen Luftdrucks eine deutliche, nach wenigen Minuten die ganze Nadellänge ergreifende Infiltration nur in den jüngsten noch sehr weichen Nadeln (1912), während an den älteren (1911 und 1910) Nadeln höchstens da Infiltration nachzuweisen war, wo eine kleine Wunde den Eintritt des Wassers gestattete. Hieraus ergibt sich: Die Spaltöffnungen der neugebildeten Nadeln sind für Wasser passierbar, also offen, die der älteren nicht, demnach nahezu geschlossen.

Spaltöffnungen, die für Wasser nicht wegsam sind, können aber doch vielleicht von Gasen passiert werden; und daß dies bei den älteren Tannennadeln zutrifft, lehrt eine einfache Beobachtung.

War bei der Evakuation Luft auf dem Weg durch die Spaltöffnungen aus dem Nadelinnern herausgezogen worden, so mußte dort ein Unterdruck entstanden sein. Derselbe war wohl nicht kräftig genug, um — nach Wiederherstellung des normalen Luftdrucks — das Wasser durch die Spaltöffnungen ins Nadelinnere zu saugen. Daß aber ein solcher Unterdruck existierte, bewies die Tatsache, daß durch einen kleinen Nadelstich augenblicklich eine Infiltration erzeugt werden konnte.

Hiermit ist also der Beweis geliefert worden, daß beispielsweise bei der Tanne die Spaltöffnungen der jungen (neugebildeten)

Nadeln unter gleichen äußeren Bedingungen viel weiter offen sind als die älteren (1—njährigen).

Ob etwa die die Stomata erfüllenden Wachspfropfe, welche vermutlich in den älteren Nadeln größer sind als in den jüngeren, für die Schwerpassierbarkeit der Spaltöffnungen verantwortlich zu machen sind, wage ich vorerst nicht zu entscheiden.

Viel besser als mit Wasser erfolgt nach Evakuation die Infiltration mit Xylol, das gegenüber Alkohol, Äther und anderen leicht infiltrierenden Substanzen den Vorteil eines verhältnismäßig hoch liegenden (140 °) Siedepunkts besitzt.

Für Coniferennadeln, deren Stomata für Wasser sehr schwer passierbar sind, möchte ich noch ein anderes Verfahren empfehlen, um den Öffnungszustand der Spaltöffnungen zu ermitteln.

Es beruht auf der Tatsache, daß Nadeln (und andere Blätter), deren Spaltöffnungen sehr eng sind, Luft sehr langsam aus- und einströmen lassen, so daß der Druck im Innern des Blattes sehr allmählich ab und zunimmt.

Während also ein Blatt mit offenen Spaltöffnungen, an die Luft gebracht, augenblicklich sein inneres Vakuum verliert, behält ein Blatt mit sehr verengten Spaltöffnungen das Vakuum (bzw. Unterdruck) verhältnismäßig lang, auch wenn es einige Zeit der Luft ausgesetzt wird. Das Vorhandensein eines Vakuums kann dann leicht nachgewiesen werden, wenn das Blatt wieder unter Wasser gebracht und gleichzeitig angestochen wird. Füllt es sich mit Wasser, so ist dies ein Beweis dafür, daß der normale Barometerstand noch nicht wieder hergestellt ist.

Dieses Verfahren hat gegenüber dem früher beschriebenen den Vorteil, daß es eine Vorstellung gibt über die Wegsamkeit der Stomata für Gase, und solche kommen ja auch in der Natur nur in Betracht.

An einem Beispiel sei diese Versuchsanstellung erläutert:

Wenn ältere Blätter von *Evonymus japonicus*, deren Spaltöffnungen zwar nicht sehr weit offen sind, aber doch nach Evakuation auf 20 mm in der Regel Wasser eintreten lassen, unmittelbar nach der Evakuation aus dem Wasser herausgenommen und an die Luft gebracht werden, so strömt die Luft sehr schnell ein, und die Infiltration unterbleibt, wenn die Blätter nach der Berührung mit Luft wieder unter Wasser gebracht werden.

Anders verhalten sich Coniferennadeln, z. B. *Taxus baccata*.

Nadeln, welche 1—n Jahre alt sind, infiltrieren spontan überhaupt kein Wasser, wohl aber wenn sie mit einer Nadel angestochen werden. Wird nun ein Eibenzweig nach der Evakuation aus dem Wasser herausgenommen, zwischen Filtrierpapier ge-

trocknet[1]), einige Minuten an der Luft gelassen, dann wieder unter Wasser gebracht und mit einer Nadel verletzt, so erfolgt sofort noch Infiltration, was beweist, daß im Innern der Nadeln immer noch ein Unterdruck herrschte, d. h. daß die Luft durch die engen Stomata der Eibennadeln überaus langsam einströmt.

Eine brennende Frage in der Physiologie der Nadelhölzer ist die: Besteht bei den älteren Nadeln noch eine Beweglichkeit der Spaltöffnungen, oder sind dieselben mit der zunehmenden Starrheit der Nadeln unbeweglich geworden[2]).

Auch diese Frage kann mit Hilfe der oben angegebenen Methoden entschieden werden.

Zwei Triebe der Weißtanne, mit Nadeln von 1912 und 1911 wurden abgeschnitten, der eine ca. 48 Stunden der trockenen Zimmerluft überlassen, der andere in Wasser gestellt. Dann wurden beide einem gleichen Vakuum (20 mm) ausgesetzt.

Das Resultat ist aus nachstehender Tabelle ersichtlich:

	1912	1911
Frisch . .	Spontane Infiltration ± deutlich, beim Anstechen einer Nadel sofort vollständig.	Spontane Infiltration 0, aber Vakuum im Innern der Nadel sehr stark, da beim Anstechen augenblickliche Infiltration erfolgt.
Welk . .	Spontane Infiltration 0, im Innern der Nadel kein Vakuum, da beim Anstechen keine Infiltration stattfindet.	Spontane Infiltration 0, Vakuum im Innern vorhanden, aber weniger stark, da beim Anstechen die Infiltration nur langsam erfolgt.

1) oder eventuell auch, ohne in Wasser einzutauchen, evakuiert.

2) Recht dürftig fließt in der einschlägigen Literatur die Quelle der Angaben über den Zustand der Spaltöffnungen bei verschieden alten Coniferennadeln. Weder bei HABERLANDT, Physiologische Pflanzenanatomie, noch in BURGERSTEINS Transpiration, noch auch in PFEFFERS Physiologie konnte ich mehr als unbestimmte und durch spezielle Versuche nicht genügend begründete Angaben finden.

HÖHNELS Untersuchungen „über den Gang des Wassergehalts und der Transpiration usw." (WOLLNY, Forschungen a. d. Geb. d. Agrikulturphysik 1878) geben auch keinen Aufschluß über die uns beschäftigende Frage.

PORSCH kommt in seiner Schrift: „Der Spaltöffnungsapparat im Licht der Phylogenie" (Jena 1905), in welcher auch die Literatur über den Spaltöffnungsapparat der Coniferennadeln sorgfältig zitiert wird, zu dem nicht viel Neues bietenden Ausspruch: Die xerophile Anpassung führte zur „Einschränkung des aktiven Bewegungsmechanismus der Schließzellen durch starke Membranverdickung ihrer mittleren Region bis auf die dünnwandig bleibenden Pole usw."

Hierzu ist zu bemerken: Der starke Wasserverlust beim Welken jüngster Tannennadeln (1912) zeigt sich schon an dem völligen Kollaps des Blattgewebes in diesen Nadeln. Ein Teil dieses außerordentlichen Wasserverlustes kommt zweifellos auf Kosten der kutikularen Transpiration, die hier besonders groß ist; sonst müßte — da erwiesenermaßen die Spaltöffnungen eben entwickelter Tannennadeln sich beim Welken nahezu hermetisch verschließen — das Wasser besser zurückgehalten werden.

Viel weniger deutlich wie zwischen neu entwickelten und ein Jahr alten Nadeln ist der Unterschied hinsichtlich der Beweglichkeit des Spaltöffnungsapparates zwischen den einzelnen Jahrgängen älterer Nadeln z. B. bei *Tsuga canadensis* (1910 und 1911).

Im allgemeinen gilt hier nur, daß frische Nadeln (beider Jahrgänge) nach Evakuation (auf 20 mm) erst infiltrieren, wenn sie angestochen werden, während welke Nadeln beim Anstechen nicht oder nur sehr dürftig infiltrieren.

Dieser Versuch zeigt zwar nicht, ob etwa die Nadeln von 1911 einen etwas beweglicheren Spaltöffnungsapparat haben als die von 1910, wohl aber ergibt sich aus ihm — worauf es uns ja vor allem ankommt —, daß dem Spaltöffnungsapparat der mehrjährigen Nadeln immer noch eine beträchtliche Reaktionsfähigkeit innewohet, wenn dieselbe auch lange nicht so groß ist wie bei neugebildeten Nadeln.

Etwas Bestimmteres ergaben die Versuche mit Eibe (Nadeln 1911 und 1910), Evakuation 20 mm.

Frische Triebe: Spontane Infiltration blieb aus, nach Verletzung (Anstechen mit einer Nadel) erfolgt die Infiltration an den Nadeln von 1911 und 1910 gleich schnell.

Welke Triebe: Auch hier erfolgt Infiltration erst nach Verletzung, aber an den Nadeln von 1910 bedeutend (2—3mal) schneller als an den Nadeln von 1911, was beweist, daß der Unterdruck im Innern der Nadeln von 1910 verschieden ist von dem in den 1911-Nadeln. Mit anderen Worten: Mit zunehmendem Alter der Nadeln nimmt die Reaktionsfähigkeit des Spaltöffnungsapparates ab.

5. Wegsamkeit des Mesophylls.

Die Methode der Infiltration nach Evakuation erlaubt gleichzeitig eine Vorstellung zu gewinnen über den Grad der Wegsamkeit des Mesophylls für Gase und Flüssigkeiten.

Es lassen sich nämlich in dieser Hinsicht zwei Typen von

Blättern unterscheiden: der eine ist dadurch ausgezeichnet, daß nach vorhergehender Evakuation die Infiltration sehr schnell vonstatten geht und sich sogleich über die ganze Fläche ausbreitet, gleichviel ob das Wasser durch die Spaltöffnungen oder eine künstliche Wand in das Blattinnere tritt (am deutlichsten beim Anstechen der Blätter mit einer Nadel). Offenbar stehen in diesem Fall die Interzellularräume des Mesophylls — namentlich des Schwammgewebes — untereinander in Zusammenhang und ein lokal entstandenes Vakuum erstreckt sich sofort über die ganze Masse des Blattes.

Für Blätter dieses Typus gilt auch ganz allgemein, daß, wenn sie nur halb untergetaucht sind, eine Infiltration nicht zustande kommt, indem der über das Wasser hervorragende Teil des Blattes energisch Luft aufnimmt, die sich dann sofort im ganzen Mesophyll verteilt.

Wird ein diesem Typus angehöriges Blatt teilweise mit geschmolzener Kakaobutter bestrichen und dadurch die Spaltöffnungen geschlossen, so hindert dies nicht, daß sich die Infiltration über die ganze Blattfläche erstreckt, eben weil infolge der großen Wegsamkeit des Mesophylls in allen Teilen des Blattes der gleiche Druck (bzw. Druckerniedrigung) herrscht (Abb. 2). Dieser Blatttypus ist eigentümlich allen immergrünen Nadelhölzern, sowie den meisten wintergrünen Laubhölzern (z. B. *Ilex aquifolium*, *Vaccinium vitis idaea*, *Daphne alpina*, *Evonymus japonicus* u. a.), also vorwiegend Pflanzen mit lederartigen Blättern, aber auch anderen immergrünen Laubpflanzen, z. B. *Fuchsia*.

Der zweite Typus von Blättern — charakterisiert durch eine zwar leicht erfolgende, aber nicht gleich die ganze Fläche erfassende Infiltration — ist vorwiegend bei den Pflanzen mit zarten krautartigen Blättern vertreten z. B. *Fagus*, *Carpinus*, *Quercus*, *Acer*, *Phaseolus* u. a. Hier scheint die Wegsamkeit der Interzellularräume sehr gering zu sein bzw. zerfällt das ganze Blatt in eine große Anzahl von Räumen, welche nahezu hermetisch gegeneinander abgegrenzt sind. Die Grenzen dieser luftdichten Mesophyllräume werden von den Nerven gebildet.

Demgemäß zeigen Blätter dieses Typus die folgenden Erscheinungen:

Ganz untergetaucht, infiltrieren sie sich an vielen Stellen gleichzeitig, und erst nach weitgehender oder wiederholter Evakuation erstreckt sich die Infiltration über die ganze Blattfläche (Abb. 1 u. 2).

Halb untergetaucht infiltrieren sie sich, soweit sie von Wasser umgeben sind (Abb. 2).

Wird ein Blatt teilweise mit Kakaobutter bedeckt, so bleibt die Infiltration an jenen Stellen, deren Spaltöffnungen verschlossen sind, aus. Wird ein unter Wasser evakuiertes Blatt mit einer Nadel angestochen, so erfolgt Infiltration nur in der unmittelbaren Umgebung des Stiches.

Übergänge zwischen beiden Typen kommen vor, z. B. *Populus tremula.*

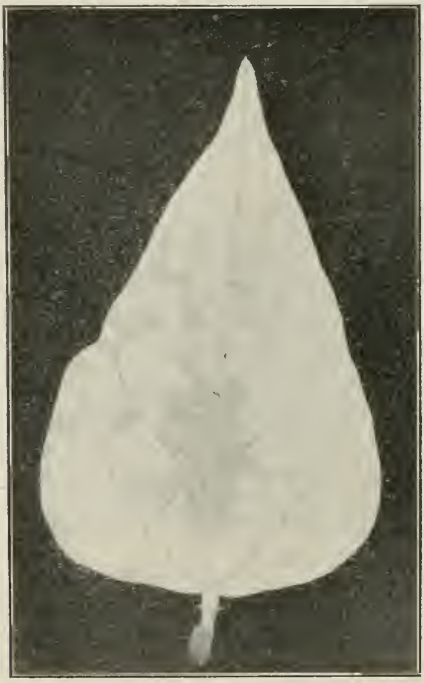


Abb. 1. Das Bild — teilweise infiltriertes Bohnenblatt — wurde in der Weise hergestellt, daß das Blatt nach der Infiltration zwischen Filtrierpapier abgetrocknet und dann über lichtempfindlichem Papier in einen Kopierrahmen gespannt und der Sonne exponiert wurde Die dunklen Stellen entsprechen den infiltrierten und daher leicht durchlässigen Blattpartien.

Ebenso wie Örtlichkeiten, welche den gleichen Luftdruck zeigen, in der Meteorologie als isobarisch bezeichnet werden, so möchte ich für Blätter, deren Innenraum in allen Teilen stets den gleichen Druck aufweist, den Ausdruck „homobarisch“ vorschlagen. Den homobarischen Blättern wären dann die „heterobarischen“ gegenüberzustellen.

Schließlich wäre noch daran zu erinnern, daß die verschiedene Wegsamkeit des Mesophylls ökologisch wohl nicht ganz bedeutungslos ist.

Blätter, welche den Gefahren übermäßiger Transpiration ausgesetzt sind (immergrüne Blätter der Laub- und Nadelhölzer, so-

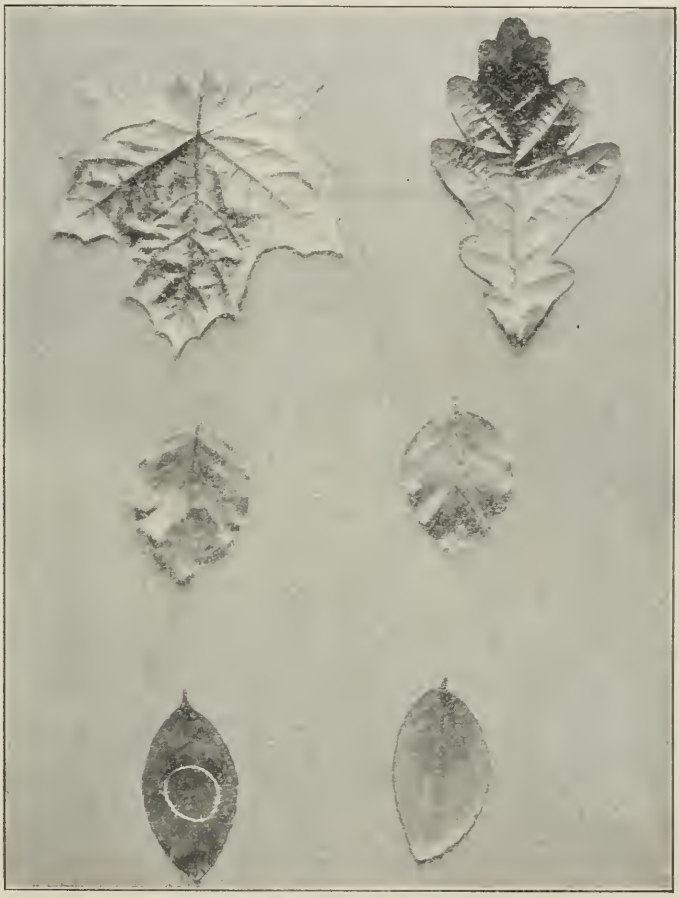


Abb. 2. Oben ein Eichenblatt halb infiltriert und ein Ahornblatt nur so weit infiltriert, als es unter Wasser lag. In der Mitte zwei Buchenblätter, das eine zur Hälfte infiltriert (rechts), das andere (links) bis auf eine mit Kakaobutter bedeckte Stelle ganz infiltriert. Unten zwei Blätter des japanischen Spindelbaumes, das eine (rechts) nicht infiltriert, obwohl es zur Hälfte unter Wasser lag, das andere (links) vollkommen infiltriert, obwohl ein Teil der Blattfläche (Ring) mit Kakaobutter bedeckt war.

wie die Blätter der Hartlaubvegetation) emanzipieren sich mehr oder weniger von der zeitweise außerordentlich trockenen Außen-

luft, indem sie eine innere, das Mesophyll umgebende Atmosphäre schaffen. Krautartige, nur eine Vegetationsperiode tätige Blätter haben dazu keine Veranlassung.

c) Turgorsteigerung durch Infiltration.

Nicht nur über den Öffnungszustand der Spaltöffnungen gibt die oben beschriebene Methode der Wasserinfiltration durch Evakuation Aufschluß, sie ermöglicht auch, den Turgor einer Pflanze aufs äußerste zu steigern, vollkommen welke Pflanzen wieder turgeszent zu machen und dürfte insofern bei geeigneter Durchführung einige praktische Bedeutung in der Gärtnerei erlangen.

Es soll ihre Anwendbarkeit in diesem Sinne zunächst an einem drastischen Beispiel veranschaulicht werden.

Abgeschnittene Triebe einer Gartenfuchsie, welche drei Tage in der trockenen Luft eines geheizten Zimmers gelegen hatten und infolgedessen vollkommen welk und turgorlos waren, wurden evakuiert und infiltriert. Sie erlangten dabei ihre volle Turgeszenz wieder, indem das zunächst nur von den Interzellularen aufgenommene Infiltrationswasser allmählich in das Parenchym des Mesophylls übertrat. Voraussetzung ist freilich, daß die Zellen des Blattgewebes noch nicht abgestorben sind.

Der Vorgang wurde bei einem und demselben Sproß sogar zweimal wiederholt und immer mit gleichem Erfolg; d. h. der welke Sproß wurde durch Infiltration wieder zu vollem Turgor gebracht, und nachdem er abermals welk geworden war, der gleichen Behandlung aufs neue unterworfen usw. und sah nach der zweiten bzw. dritten Infiltration genau ebenso frisch aus wie am Anfang des Versuches.

Daß diese Methode viel wirksamer ist, um den Turgor welker Pflanzen wieder herzustellen, als das einfache In-Wasser-Stellen, zeigt die Abb. 3. Der linke und rechte Fuchsientrieb sahen ursprünglich (nach dem Welken) vollkommen gleich aus; der rechte wurde infiltriert, der linke nur in Wasser gestellt; ersterer erholte sich zu voller Turgeszenz, letzterer blieb schlaff.

Bei sehr weitgehender Verwelkung empfiehlt es sich allerdings, den betreffenden Trieb nach der Evakuation und Wiederherstellung des normalen Luftdrucks längere Zeit im Wasser untergetaucht zu lassen, damit die Stomata sich öffnen, und das Wasser wiedereintreten zu lassen[1]).

---

1) Nötigenfalls wird die Infiltration durch feine Nadelstiche (unter Wasser) befördert.

Es wird interessant sein, mit Hilfe dieser Methode das Verhalten des Blattgewebes zu destilliertem Wasser einerseits, zu Salzlösungen andererseits zu prüfen u. a. m.

Zusammenfassung.

Ich fasse die bisher gewonnenen Resultate dieser Untersuchung in folgende Leitsätze zusammen:

1. Durch Auspumpen der Luft aus Blättern gelingt es — nach Herstellung des normalen Luftdrucks —, das Blattgewebe mehr oder weniger vollkommen mit Wasser zu infiltrieren.

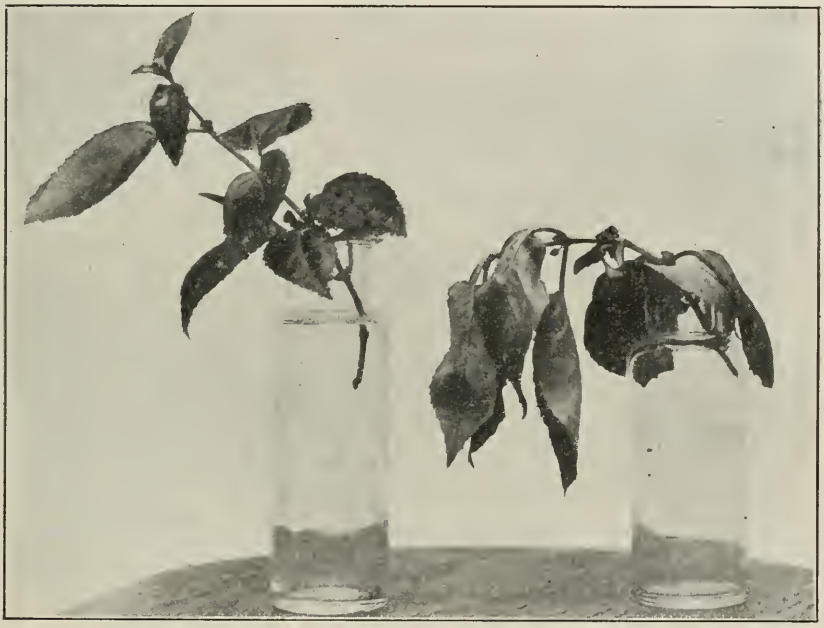


Abb. 3. Erfolg der Infiltration eines welken Fuchsiensprosses mit Wasser.

2. Die Zeit, welche dazu nötig ist, sowie das Vakuum, bei welchem Infiltration erfolgt, können als Kriterien für den Zustand der Spaltöffnungen angesehen werden.

3. Wo diese einfache Methode versagt (Nadelhölzer), führt ein Umweg zum Ziel. Die Wegsamkeit der Spaltöffnungen (für Gase) kann nämlich aus dem bei der Evakuation unversehrter Nadeln zustandekommenden Unterdruck im Blattinnern geschlossen werden. Über letzteren gibt das Verhalten einer evakuierten Nadel beim Anstechen Aufschluß, indem Infiltration durch die Wunde auf die Anwesenheit eines Vakuums hinweist.

4. Die Methode gibt gleichzeitig Aufschluß über die Wegsamkeit des Mesophylls. Es gibt Pflanzen, deren Innenraum in allen Teilen überall gleichen Luftdruck zeigt (homobarische Blätter), und solche, deren Innenraum in zahlreiche hermetisch gegeneinander abgegrenzte Räume zerfällt. Bei lokaler Evakuation erfolgt hier nicht sofort ein Ausgleich des Druckes (heterobarische B.).

5. Die Infiltration mit Wasser nach Evakuation erlaubt, vollkommen schlaffe, turgorlose Pflanzenteile wieder aufleben zu lassen.

---

27. E. Hannig: Untersuchungen über die Verteilung des osmotischen Drucks in der Pflanze in Hinsicht auf die Wasserleitung.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 19. April 1912.)

Eine einwandfreie Erklärung des sog. Transpirationsstroms in der Pflanze ist zum großen Teil bis heute deshalb nicht möglich, weil noch nicht das genügende Material an Beobachtungstatsachen vorliegt. Zu den Hauptfragen der Wasserleitung gehört diejenige nach der Kraft bzw. den Kräften, welche das Wasser bewegen, eine Frage, bei welcher einerseits die Natur der Kraft (ob Zug, Druck usw.), andrerseits die Quelle derselben (Transpiration, osmotischer Druck usw.), in Betracht kommen. Diejenige Theorie, welche bisher am meisten befriedigte, die DIXONsche Kohäsionstheorie, spricht von einer Saugkraft. Es war aber bis vor kurzem nirgends gelungen, die Existenz einer genügend großen Saugkraft nachzuweisen. Erst in jüngster Zeit hat RENNER in einer ausgezeichneten Untersuchung über die Wasserbewegung (1911) das Vorhandensein von negativen Spannungen sichergestellt, deren Größe 10—20 Atmosphären betragen kann. Die Frage, woher diese Zugkräfte kommen, ist indessen noch nicht gelöst. Hauptsächlich sind wohl in Betracht zu ziehen: 1. Kapillarwirkungen, die bei der Transpiration in den wasserabgebenden Membranen wirksam werden (DIXON), 2. der osmotische Druck der transpirierenden Zellen oder schließlich 3. ein Zusammenarbeiten dieser beiden Faktoren. Einschlägige Untersuchungen über die Wirkung der Transpiration organischer Häute, die im Gange sind, sollen

später mitgeteilt werden. Hier sei nur eine Vorarbeit zur Klärung der Rolle des osmotischen Drucks bei der Wasserbewegung behandelt. Diese notwendige Voruntersuchung betrifft die Ermittelung des osmotischen Druckes derjenigen Zellen, die mit der Wasserleitungsbahn in Verbindung stehen; es soll m. a. W. festgestellt werden, ob Gesetzmäßigkeiten in der Verteilung des osmotischen Druckes vorhanden sind, die zur Wasserbewegung Beziehung haben können. Diese Frage ist von früheren Forschern nur eben gestreift worden. So hatte EWART gelegentlich (1906) untersucht, ob die Zellsaftkonzentration in den Blättern eines und desselben Baumes von den unteren nach den oberen Regionen hin zunimmt. Nachdem er zuerst ein entsprechendes Verhalten nachgewiesen zu haben glaubte (1906, S. 77), fand er später, daß die vermeintlichen Niveauunterschiede nur von Verschiedenheiten im Alter und in der Größe der Blätter herrührten. (1907, S. 391.) Diese letzte Angabe dürfte jetzt wohl außer Zweifel stehen, da auch DIXON (1910) später gefunden hat, daß die Differenzen in den osmotischen Werten der Blattzellen eines Baumes von der Höhe des Blattansatzes unabhängig sind. Da nun aber die Widerstände in den verschiedenen Teilen der Leitungsbahnen und ferner die Transpirationsbedingungen der einzelnen Blätter sehr ungleich sein können, brauchen die festgestellten Unregelmäßigkeiten in den osmotischen Werten der Blattzellen nicht gegen eine Mitwirkung der Zellsaftkonzentration bei der Wasserbewegung zu sprechen.

Eine andere Frage von mindestens gleich großer Bedeutung wie die der Zellsaftkonzentration in Blättern verschiedenen Niveaus ist die nach den Beziehungen zwischen dem osmotischen Druck in den Wurzeln und in den Blattzellen. Wenn zwischen den osmotischen Systemen der absorbierenden und der transpirierenden Gewebe ein Gefälle vorhanden ist, ließe sich, wie das z. B. NATHANSOHN (1910) getan hat, die Saugwirkung der Sprosse mit den osmotischen Kräften der Blattgewebe in Verbindung bringen. In der Literatur findet sich über diesen Punkt nur eine Beobachtung (DIXON 1910), die übrigens NATHANSOHN noch nicht bekannt war. DIXON hat Blätter und Wurzeln von *Syringa vulgaris* mittels einer besonderen thermoelektrischen Methode der Gefrierpunktserniedrigung untersucht und bei den Blättern Werte gefunden, die zwischen 11,6 und 26,9 Atmosphären schwanken, während sich die Wurzelwerte zwischen 4,3 und 5,9 Atmosphären bewegen. Weniger groß sind die Unterschiede bei *Eucalyptus globulus:* ausgewachsene Blätter 6,1—8,1, die Wurzeln 5,3 Atmosphären. Es scheint aber, daß die von DIXON untersuchten Wurzeln und Blätter nicht von demselben

Baume stammten, jedenfalls waren sie nicht zu gleicher Zeit untersucht worden, es kann somit, abgesehen von der zu geringen Ausdehnung der Untersuchungen, kein allgemeiner Schluß aus seinen Beobachtungen gezogen werden. Fitting (1911, S. 223) stellte die Ergebnisse überhaupt in Zweifel, weil die Untersuchungsmethode nicht einwandfrei sei, und sprach sich im Gegensatz zu Dixon dahin aus, daß der Druck in den ausgewachsenen Blättern und in den Wurzeln gleich sein müsse oder daß der osmotische Druck in den Wurzeln höchstens höher sein könne wie in den Blättern, weil sonst die Wurzeln ihr Wasser an die oberirdischen Teile abgeben und verwelken müßten. Die Angaben von Stange, auf welche Fitting sich z. T. stützt, sprechen übrigens nicht unbedingt zu Gunsten dieser Ansicht. Denn daraus, daß Stengel und Wurzeln den gleichen osmotischen Druck zeigen, folgt noch nicht, daß auch die Blätter, die Stange nicht untersucht hat, die gleiche Zellsaftkonzentration aufweisen wie die Stengel.

Die angeführten Unklarheiten lassen eine vergleichende Untersuchung des osmotischen Druckes in der Wurzel und in den Blättern als notwendig erscheinen.

Methode. Der osmotische Druck wurde mittels der plasmolytischen Methode (mit KNO_3-Lösungen) geprüft. Da es vorläufig darauf ankam, die Untersuchung auf möglichst viele Objekte auszudehnen, wurden die KNO_3-Lösungen nur in Konzentrationsstufen verwendet, die um 0,05 Mol. auseinander lagen — abgesehen von den ersten orientierenden Versuchen, bei denen die Unterschiede 0,1 Mol. betrugen. In diesen Lösungen blieben die Schnitte 15 bis 30 Min. Nach etwa dreimaliger Benützung wurde die Plasmolyseflüssigkeit stets erneuert. Als plasmolysiert galt ein Präparat, wenn die große Mehrzahl der Zellen beginnende Plasmolyse zeigte. Die Epidermiszellen der Blätter ließen sich im allgemeinen leicht an Flächenschnitten in Aufsicht untersuchen, nur wenn Haare oder Wachsüberzug vorhanden waren, war die Feststellung schwieriger und mußte evtl. nach Umdrehung des Schnittes vorgenommen werden. Bei den Blättern wurden Flächenschnitte der Blattunterseite, aus Partien zwischen dem Adernetz, untersucht, bei den Wurzeln waren Längsschnitte am vorteilhaftesten. Letztere wurden Wurzelfasern entnommen, die, mit Erde ihres Standortes bedeckt, in einem geschlossenen Gefäß in das Arbeitszimmer gebracht und schnell mit Leitungswasser bzw. 0,1 Mol. KNO_3-Lösung abgespült worden waren. Zur Feststellung der Plasmolyse dienten im allgemeinen die größeren stärkefreien Parenchymzellen der Rinde. Die Wurzelhaare sowie die übrigen stärkereichen und kleinen Parenchymzellen

eignen sich weniger, differieren aber, wie gelegentliche Kontrollen zeigten, bezüglich ihres osmotischen Druckes nicht wesentlich von den großen Rindenzellen.

Im allgemeinen wurden die Pflanzen zwischen 7 und 8 Uhr morgens (im Spätherbst zwischen 8 und 9 Uhr vorm.) ausgegraben und dann gleich untersucht. Die Morgenstunden wurden deshalb gewählt, weil die äußeren Bedingungen, unter denen die Pflanze des Nachts arbeitet, gleichmäßiger sind wie am Tage. DIXON hat z. B. gefunden, daß bei bedecktem Himmel der osmotische Druck bis zu $^1/_3$ kleiner sein kann wie bei Sonnenschein. (DIXON 1910.)

Schließlich ist noch zu bemerken, daß die in den ersten Tabellen angeführten Beobachtungen nicht überall normalen Verhältnissen entsprechen. Ein Teil der Untersuchungen fiel in die Monate Juli und August 1911, die sich durch außergewöhnliche Trockenheit und Hitze auszeichneten. Die Mehrzahl der Versuchs-Pflanzen stammt also aus einem Boden, der wochenlang entweder gar nicht oder nur spärlich mit einer Schleuderspritze bewässert worden war. Die Wirkung dieser trockenen Witterung ist aber doch nicht so groß, wie man sich wohl im allgemeinen vorstellt, denn auch an gar nicht bewässerten Stellen war der Erdboden nach wochenlanger Trockenheit in einer Tiefe von 30 bis 40 cm noch verhältnismäßig feucht und bei größeren Tiefen in einem mit grobem Kies untermischten Lehmboden noch ganz naß.

Besonders interessante Verhältnisse ergaben sich beim Ausgraben der Wurzeln von *Convolvulus arvensis*. Die Wurzeln dieses Pflänzchens zogen sich wie gleichmäßig dicke Schnüre von 2 bis 4 mm Durchmesser, fast unverzweigt, senkrecht abwärts bis zu der für ein so unscheinbares Gewächs ganz enormen Tiefe von 2 bis 2,30 m. Da in diesen Tiefen wohl auch an den trockensten Standorten unserer Zonen der Boden stets reichlich wasserhaltig ist, läßt es sich begreifen, daß die *Convolvulus*-Rosetten sich trotz ihrer zarten Blätter auch auf den heißesten Kiesstellen frisch erhalten. Die Fähigkeit, durch Ausbildung besonders langer Wurzeln in wasserreiche Tiefen hinabzusteigen, hat VOLKENS (1887), wohl kaum mit Recht, der „überwiegenden Zahl“ aller Wüstenstauden und -sträucher zugeschrieben. CANNON (1911) hat indessen die Wurzeln einiger Sträucher bis zu 2 m und die eines Baumes (*Prosopis velutina*) sogar bis zu dem 8 m tiefen Grundwasser hinabsteigen sehen. Bei so zarten Pflänzchen wie *Convolvulus arvensis* ist aber ein so tiefes Einwurzeln — zumal in unserem feuchten Klima — bisher nicht bekannt. *Convolvulus arvensis* und nahestehende Arten kommen

nun auch in der Wüste z. B. in der algerischen Sahara vor; es wäre interessant, festzustellen, ob die Wurzeln dort in ebenso große oder vielleicht noch größere Tiefen hinabsteigen wie bei uns. Übrigens hat der Versuch, die Wurzelspitzen einer *Convolvulus* und die Blätter derselben Pflanze gleichzeitig plasmolytisch zu prüfen, wochenlange — freilich oft unterbrochene — Arbeit gekostet, da die spröden Wurzeln, auch bei dem sorgfältigsten Freipräpariren aus dem Kiesboden, durch Abrutschen einer Wandpartie oder auch nur durch das spontane Ausbrechen irgend eines Kieselsteines häufig zerreißen und somit die Arbeit wieder von vorne angefangen werden muß. Bei dieser Sachlage ist klar, daß derartige Arbeiten in der Wüste in größerem Maßstabe nur unter besonderen Umständen möglich wären.

Es sollen nun die Beobachtungen in Tabellenform angeführt werden, gruppiert nach Gesichtspunkten, die sich aus dem Problem der Wasserbewegung ergeben. Als Grenzkonzentration ist stets diejenige Lösung angegeben (in $\frac{1}{100}$ Mol KNO_3), bei der noch Plasmolyse auftrat. Bei gleichen Zahlen ist ein + zu einer der Zahlen hinzugefügt, wenn die Plasmolyse hier wesentlich stärker war als in dem anderen Organ.

Tabelle I.

Mesophytische Kräuter und Stauden.

Lfde. Nr.	Pflanzennamen	Datum	Stunde	Wurzel	Blattunterseite	Bemerkungen	Protokoll-Nr.
1	*Tradescantia discolor*	5. VII. 11	7½ a.	15	15	Zinkkasten im Gewächshaus	46
2	*Fagopyrum esculentum*	31. V. 11	8 „	15	25	System im Bot. Garten	3
3	*Impatiens balsamina*	27. VI. 11	7½ „	15	30	„	37
4	*Basella rubra*	19. VI. 11	7½ „	20	25	„	23
5	*Ullucus tuberosus*	12. VI. 11	7 „	20	25	„	13
6	*Galanthus nivalis*	27. VI 11	7½ „	25+	25	„	38
7	*Centaurea Cyanus*	8 VII. 11	7½ „	25+	25	„	48
8	*Lilium tigrinum*	19. VI. 11	7 „	25	30	„	24
9	*Lilium umbellatum*	20. VI 11	7 „	25	35	„	27
10	*Allium porrum*	19. VI. 11	7 „	25	40	„	25
11	*Plantago media*	13. VII. 11	7½ „	25	50	Kiesweg	52
12	*Tagetes erecta*	15 VI. 11	7 „	30	40	System	17
13	*Bellis perennis*	14. VII. 11	7½ „	30	45	Kiesweg	53
14	*Plantago lanceolata*	9. XI. 11	8½ „	30	50	Wiese	74
15	*Mentha piperita*	9. VI. 11	6½ p.	35	40	System	1
16	*Calendula officinalis*	10. VI. 11	6½ „	35	45	„	10
17	*Atriplex hortensis*	8. VII. 11	7½ a.	35	45	„	50

Ergebnis. Der osmotische Druck ist in den Blättern im allgemeinen höher als in den Wurzeln; er schwankt bei den

Wurzeln zwischen 0,15 und 0,35 Mol., d. h. ungefähr zwischen 6 und 14 Atm., während er bei den Blättern zwischen 0,15 und 0,50 Mol., d. h. zwischen 6 und 20 Atm. liegt. Der Unterschied zwischen den Werten für die Wurzeln und die Blätter einer Pflanze beträgt in der Mehrzahl der Fälle 0,05 bis 0,1 Mol., d. h. 2 bis 4 Atm. Er kann aber, und das ist bei diesen niedrigen krautigen Pflanzen überraschend, auf 0,2 und 0,25 Mol., also 8 bis 10 Atm., ansteigen. Auf der anderen Seite kommen Fälle vor, in denen der Druck in Wurzeln und Blättern gleich groß zu sein scheint (vgl. Nr. 1, 6 u. 7). In Wirklichkeit war aber in diesen Beispielen bei der angewendeten Konzentrationsstufe der Salpeterlösung die Plasmolyse in den Wurzeln stärker wie in den Blättern, so daß bei engerer Abstufung als 0,05 Mol. der Unterschied auch zahlenmäßig zum Ausdruck gekommen wäre. Nur *Tradescantia discolor* scheint eine Ausnahme zu machen und in Blättern und Wurzeln gleich großen Druck zu haben

Es war nun zunächst interessant, zu erfahren, ob diese Verhältnisse auch bei Pflanzen wiederkehren, die dauernd in wasserdurchtränktem, sumpfigem Boden wachsen.

Tabelle II.

Helophyten (Freiland).

Lfde. Nr.	Pflanzennamen	Datum	Stunde	Wurzel	Blattunterseite	Bemerkungen	Protokoll-Nr.
18	*Menyanthes trifoliata*	30. VI. 11	$8^1/_2$	15	30	Schlammboden	40
19	*Sparganium ramosum*	30. VI. 11	$7^1/_2$	20	25	Schlammboden mit Wasserüberschichtet	42
20	*Pontederia cordata*	23. VI. 11	7	20	25	„	33
21	*Zizania palustris*	27. VI. 11	$7^1/_2$	20	30	„	34
22	*Saururus cernuus*	22. VI. 11	8	20	35	„	36
23	*Alisma plantago*	22. VI. 11	$7^1/_2$	20	40	„	31
24	*Hippuris vulgaris*	1. VII. 11	$7^1/_2$	25	30	„	44
	Helophyten (Gewächshaus).						
25	*Ceratopteris thalictroides*	29 XI. 11	$8^1/_2$	10	20	Topf mit Schlamm im Wasser	111
26	*Acrostichum aureum*	20. XI. 11	$8^1/_2$	10	30	„	108
27	*Limnobium Sparganium*	25. XI. 11	$8^1/_2$	10	20	Schlamm	102
28	*Limnophiula heterophylla*	24. XI. 11	$8^1/_2$	15+	15	Topf mit Schlamm im Wasser	99
29	*Pontederia crassipes*	24. XI. 11	$8^1/_2$	15	20	„	100
30	*Nymphaea dentata*	25. XI. 11	$8^1/_2$	15	20	„	101
31	*Victoria regia*	27. XI. 11	$8^1/_2$	15	20	„	104
32	*Saccharum officinarum*	28. XI. 11	$8^1/_2$	20	45	„	109

Ergebnis. Die Sumpfpflanzen verhalten sich ebenso wie die Landpflanzen. Auch hier sind die Werte für die Drucke in den Wurzeln sehr verschieden — zwischen 0,10 und 0,25 Mol. (6 und 10 Atm.) —, und ebenso schwanken die Differenzen zwischen Wurzel- und Blattdrucken zwischen 0,05 und 2,0 Mol. (2 und 8 Atm.). Außergewöhnlich niedrig ist der Wurzeldruck bei Nr. 25—27.

Auch schwimmende Wasserpflanzen, deren Wurzeln frei im Wasser hängen, stimmen mit den Landpflanzen überein:

Tabelle III.

Schwimmende Wasserpflanzen.

Lfde. Nr.	Pflanzennamen	Datum	Stunde	Wurzel	Blattunterseite	Bemerkungen	Protokoll-Nr.
33	*Trianaea bogotensis*	27. XI. 11	$8^1/_2$	10	15	Wassertemp. 25—30° C	107
34	*Pistia stratiotes*	26. VI. 11	$8^1/_2$	15	20	„	103

Man hätte erwarten können, daß bei ganz untergetauchten Wasserpflanzen, bei denen kein Transpirationsstrom existiert, auch der ausgesprochene Unterschied zwischen dem osmotischen Druck in Wurzeln und Blättern fehle. Das ist aber keineswegs der Fall:

Tabelle IV.

Untergetauchte Wasserpflanzen.

Lfde Nr.	Pflanzennamen	Datum	Stunde	Wurzel	Blattunterseite	Bemerkungen	Protokoll-Nr.
35	*Elodea canadensis*	29. XI. 11	$8^1/_2$	15	25	Wassertemp.	112
36	*Cabomba aquatica*	6. XII. 11	$8^1/_2$	15	20	„	115
37	*Vallisneria spiralis*	6. XII. 11	$8^1/_2$	20	20	„	114
38	*Isoetes Tuckermanni*	6. XII. 11	$8^1/_2$	20	25	„	113

Der größte Unterschied zwischen Blatt und Wurzel ist hier wieder 0,1 Mol (4 Atm.), während der Zellsaft in den Blättern von *Vallisneria* um weniger als 0,5 Mol größer ist wie in den Wurzeln.

Nachdem für die Hygrophyten bezüglich der osmotischen Verhältnisse Übereinstimmung mit den Mesophyten gefunden war, erschien es wahrscheinlich, daß dasselbe für die Xerophyten gelten werde:

Tabelle V.

Xerophyten (Freilandpflanzen).

Lfde. Nr.	Pflanzennamen	Datum	Stunde	Wurzel	Blattunterseite	Bemerkungen	Protokoll-Nr.
39	*Sempervivum tectorum*	1. VII. 11	$7^1/_2$	15+	15	auf lockerer Erde	43
40	*Opuntia Raffinesquiana*	1. VII. 11	$7^1/_2$	25	35	im Freien überwinternd	45
41	*Portulacca oleracea*	10. VI. 11	$6^1/_2$	25	30	„	11

Xerophyten (Topfpflanzen; Gewächshaus).

42	*Sempervivum urbicum*	10. XII. 11	$8^1/_2$	15	15	Höhe 72 cm, Gipfelblätter	121
43	*Crassula arborescens*	10. XII. 11	$8^1/_2$	10	20	Höhe 75 cm. Gipfelblätter	120
44	*Phyllocactus Ackermanni*	8. XII. 11	$8^1{}_2$	20	25		118
45	*Mesembryanth. cu trat.*	8. XII. 11	$8^1/_2$	20	30		117
46	*Aloe mitraeformis*	10. XII. 11	$8^1/_2$	20	40	Höhe 50 cm, Gipfelblätter	119
47	*Cyclamen europaeum*	21. XI. 11	$8^1/_2$	20	45		91
48	*Acacia microbotrya*	15. XI. 11	$8^1/_2$	30	40	Höhe 1,45 m Gipfelblätter	85
49	*Acacia Dietrichiana*	15. XI. 11	$8^1/_2$	35	40	Höhe 1,50 m Gipfelblätter	84

Die größte Schwierigkeit bietet praktisch die Untersuchung der Sträucher und Bäume. Beobachtungen im Freien habe ich hierüber bisher nicht angestellt. Um aber vorläufig wenigstens einigermaßen einen Einblick in dies Gebiet zu gewinnen, wurden Gewächshauspflanzen herangezogen, die in Töpfen oder Kübeln wuchsen. Ein Teil dieses Pflanzenmaterials hatte wenigstens den Sommer über im Freien gestanden und war erst kurze Zeit vor der Untersuchung in die Gewächshäuser zurücktransportiert worden. Die Belichtung der Krone war also hier nicht allzusehr von den natürlichen Bedingungen abweichend gewesen. Dagegen kann das Wurzelsystem nicht als normal betrachtet werden, da es gezwungen ist, sich ohne Tiefenentfaltung auf engem Raum zu entwickeln. Ob durch diese besonderen Umstände wesentliche Unterschiede gegenüber den im Freien wachsenden Bäumen bedingt sind, läßt sich nicht ohne weiteres sagen, es ist aber, zumal nach der Übereinstimmung mit den von DIXON untersuchten Freilandpflanzen (s. S. 2) nicht wahrscheinlich. Jedenfalls gilt auch für die Topfpflanzen die bisher gefundene Gesetzmäßigkeit, wie folgende Zahlen zeigen:

Tabelle VI.

Sträucher oder Bäume, Haus(Topf)pflanzen.

Lfde. Nr.	Pflanzennamen	Datum	Stunde	Wurzel	Blattunterseite	Bemerkungen	Protokoll-Nr.
50	*Sparmannia africana*	13. XII. 11	$8^1/_2$	15	20	Höhe 3 m Gipfelblätter	126
51	*Fuchsia triphylla* (Rubin)	19. XI. 11	$8^1/_2$	15	20	Höhe 0,80 m Gipfelblätter	87
52	*Fuchsia fulgens*	21. XI. 11	$8^1/_2$	15	25	Höhe 0,70 m Gipfelblätter	93
53	*Olea fragrans*	13. XII. 11	$8^1/_2$	20	30	Höhe 4,20 m Gipfelblätter	125
54	*Fuchsia triphylla* (Henkel)	14. XI. 11	$8^1/_2$	20	25	Höhe 0,80 m Gipfelblätter	30
55	*Eugenia apiculata*	14. XII. 11	$8^1/_2$	20	40	Höhe 6,00 m Gipfelblätter	126
	Genista canariensis	13. XI. 11	$8^1/_2$	20	45	Höhe 1,20 m Gipfelblätter	76
56	*Astrapaea mollissima*	14. XII. 11	$8^1/_2$	20	55	Höhe 10-50 m Gipfelblätter	127
	Acacia lophantha	20. XI. 11	$8^1/_2$	20	40	Höhe 1,60 m Gipfelblätter	89
57	*Carumbium populneum*	19. XI. 11	$8^1/_2$	25	30	Höhe 0,70 m Gipfelblätter	88
58	*Clianthus puniceus*	13. XI. 11	$8^1/_2$	25	40	Höhe 0,60 m Gipfelblätter	77
59	*Nicotiana tomentosa*	21. XI. 11	9	25	40	Höhe 2,00 m Gipfelblätter	94
60	*Echium fastuosum*	22. XI. 11	$8^1/_2$	25	40	Höhe 3,50 m Gipfelblätter	95
61	*Fatsia japonica*	13. XII. 11	$8^1/_2$	25	40	Höhe 4,50 m Gipfelblätter	123
62	*Mespilus japonicus*	13. XII. 11	$8^1/_2$	35	45	Höhe 3,20 m Gipfelblätter	124

Es haben nun weiter vergleichende Untersuchungen, die hier nicht im einzelnen angeführt werden sollen, ergeben, daß das osmotische Gefälle für ein und dieselbe Pflanze sowohl in nassem wie in trocknem Boden und ferner zu jeder Tages- und Nachtzeit vorhanden ist. Da nun bis jetzt eine ziemlich große Zahl verschiedenartiger Pflanzen (ca. 150) unter verschiedenen Bedingungen stets mit demselben Ergebnis untersucht worden ist, ist es wahrscheinlich, daß dies Ergebnis eine allgemeine Gesetzmäßigkeit darstellt. Wir können somit den Satz aussprechen, daß im allgemeinen der osmotische Druck in den Wurzelgeweben geringer ist wie in den Blattzellen.

Es würde jedoch keinen Zweck haben, die Bedeutung dieser Tatsache für die Theorie der Wasserbewegung zu erörtern. Auf keinen Fall darf die hier aufgefundene Regel von der Existenz eines osmotischen Gefälles zu der Ansicht verleiten, daß damit die wasserbewegende Kraft, etwa im Sinne der von NATHANSOHN

gegebenen Darstellung, nachgewiesen wäre. Für diese Auffassung spricht allerdings, in Hinsicht auf die angeführten Befunde, die Angabe von RENNER, daß die in den Sprossen auftretenden Saugkräfte ungefähr dem osmotischen Druck in den Blattzellen gleichkommen, und ferner die Beobachtung desselben Autors, daß beim Welken der Blätter, wobei der ganze osmotische Druck für die Saugung verfügbar wird, die negative Spannung in den Sprossen zunimmt. Bewiesen ist diese Annahme aber damit noch nicht, es stehen ihr vielmehr noch die mancherlei Tatsachen entgegen, die DIXON zu der Theorie geführt haben, daß die Saugkräfte durch Kapillarwirkung in den transpirierenden Membranen geliefert werden und im wesentlichen von dem osmotischen Druck der Blattzellen unabhängig seien.

Außerdem wären auch die angeführten Beobachtungen über die Verteilung des osmotischen Druckes noch nicht hinreichend. Denn es genügt nicht, den Druck, am Anfang und am Ende der Leitungsbahn zu kennen, es müssen auch die Verhältnisse in denjenigen Zellen bekannt sein, welche die Leitungsbahnen begleiten. Und hier ist die Sachlage vielleicht nicht so einfach, wie man nach der oben festgestellten Gesetzmäßigkeit erwarten könnte. Denn wenn auch bei der Mehrzahl (bei 21) der daraufhin geprüften Pflanzen der Druck in den Epidermiszellen der Stengelbasis ebenso hoch gefunden wurde wie in der Blattepidermis, ferner bei einigen ebenso groß wie in der Wurzel und in 5 Fällen in der Mitte zwischen Wurzel und Blatt, so lag er andererseits einige Male tiefer als in der Wurzel und in 7 Pflanzen höher als in den Blättern. Es bedarf daher noch spezieller Untersuchungen, um festzustellen, ob die Mantelzellen der Gefäße im Stengel denselben osmotischen Druck haben wie die zu dem betreffenden Stengelstück gehörigen Epidermiszellen.

Zum Schluß sei noch auf die Bedeutung der angeführten Zahlen für die Theorie FITTINGs über die Wasserversorgung der Wüstenpflanzen hingewiesen. FITTING hat bei der großen Mehrzahl der Wüstengewächse enorm hohe Drucke in den Epidermiszellen der Blätter — 30—100 Atmosphären — gefunden. Er schließt, wie schon erwähnt, daraus, daß auch die Wurzeln mindestens ebenso hohe osmotische Werte aufweisen müßten und sieht in diesen hohen Zellsaftkonzentrationen der Wurzeln die Saugkraft, welche den trocknen Wüstenböden das Wasser zu entreißen vermag. Aus den oben angeführten Zahlen geht aber hervor, daß die Drucke der Wurzelzellen in unserem Klima im allgemeinen nicht gleich groß, sondern kleiner sind wie diejenigen der Blatt-

zellen, und daß sie gerade bei Pflanzen, die auf trockenen Böden wachsen *(Plantago)* beträchtlich kleiner sein können. Wenn es nun auch wahrscheinlich ist, daß die Zellsaftkonzentrationen in den Wurzeln der Wüstenpflanzen verhältnismäßig höher sind, wie diejenigen in normalen Böden, so ist dies doch noch nicht sicher, ehe derartige Untersuchungen an Wurzeln von Wüstenpflanzen, streng genommen sogar an Wurzelhaaren, den Nachweis dafür erbracht haben. Es wäre z. B. auch möglich, daß es nicht auf die absolute Höhe der Zellsaftkonzentration in den absorbierenden Wurzelzellen ankäme, sondern daß die Absorptionskraft um so stärker wäre, je größer die Differenz zwischen dem osmotischen Druck der Wurzel- und der Blattzellen.

Literatur.

Cannon, W. A., The root habits of desert plants. Carnegieinst. of Washington. Publ. Nr. 131. **1911.** 1—96.

Dixon, H. H., On the physics of the transpiration current. Notes bot. school Trinity coll., Dublin **1897** Nr. 2.

—, Transpiration and the ascent of sap, Progr. rei bot. **1910. 3.** 1—66.

—, and Atkins, V. R. G., On osmotic pressure in plants; and on a thermoelectric method of determining freezing-points. Notes bot. school Trinity coll. Dublin **1910, 2,** 47—83.

Ewart, A. J., The ascent of water in trees. Philos. transact. r. soc. London **1906. 198,** 41—86.

—, The ascent of water in trees II. Ebenda **1907, 199,** 341—392.

Fitting, H., Die Wasserversorgung und die osmotischen Druckverhältnisse der Wüstenpflanzen. Zeitschr. f. Bot. **1911, 3,** 209—275.

Nathansohn, A , Der Stoffwechsel der Pflanzen. Leipzig 1910.

Renner, O., Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Wasserversorgung. Flora **1911, 103,** 173—247.

Stange, B., Beziehungen zwischen Substratkonzentration, Turgor und Wachstum bei einigen phanerogamen Pflanzen. Bot. Zeitg. **1892. 50,** 253 ff.

Volkens, G., Die Flora der ägyptisch-arabischen Wüste. Berlin **1887.**

28. R. Kolkwitz: Das Plankton des Rheinstroms, von seinen Quellen bis zur Mündung.

(Mit einer Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 20. April 1912.)

1. Einleitung.

Im vorhergehenden Bande dieser Zeitschrift, Bd. XXIX, S. 386—402 und S. 511—517, habe ich zwei Arbeiten veröffentlicht, welche die Schöpfmethode durch die 1-ccm-Planktonkammer und das Abfangen der absiebbaren Schwebestoffe nach der 50-l-Planktonmethode behandeln. Beide Methoden zielen darauf ab, durch einfache, aber ausreichende Mittel quantitative Werte zu erreichen; sie ergänzen sich insofern, als die erstgenannte bei Verwendung einer kleinen Wassermenge genaue Zählwerte, die zweite bei Behandlung einer großen Wassermenge weniger genaue, aber gleichfalls gut verwendbare Volumenwerte liefert. Die vorliegende Arbeit stützt sich auf diese beiden Veröffentlichungen und gibt ein Beispiel für ihre Anwendung auf ein ganzes Stromsystem, den Rhein.

Die nähere Eigenart großer Wasserläufe tritt besonders anschaulich hervor, wenn man zu ihrer Charakterisierung quantitative Methoden verwendet und nach diesen den gesamten Fluß oder Strom von der Quelle bis zur Mündung untersucht. Der Rhein eignete sich hierzu ganz besonders gut, weil er wegen seiner bedeutenden Strömungsgeschwindigkeit keine nennenswerten Mengen von Schlamm in seinem normalen Lauf abzusetzen und außerdem viele Uferorganismen aufzuweisen pflegt, welche erratisch in das freie Wasser gelangen. In diesem kommen demnach die Bestandteile des Grundes, des Ufers und des Planktons gleichzeitig vor, so daß aus der Untersuchung nur einer Region gleichzeitig gewisse Schlüsse auf die Bestandteile der beiden anderen möglich sind. Die einzige Stelle mit bedeutender Stagnation im Laufe des Rheinstromes ist der Bodensee, welcher etwas über 41 Milliarden Kubikmeter Wasser speichert.

Das Schicksal des Rheinplanktons auf dem langen Lauf des Stromes mußte am besten erkannt werden zu einer Zeit, wo seine Nebenflüsse so wenig Wasser führten, daß diese von keinem nennenswerten Einfluß auf den Hauptstrom waren. Das Problem

der quantitativen Selbstreinigung im strömenden Wasser und die Zergliederung der dabei wirksamen Faktoren mußte unter solchen Umständen am leichtesten zu studieren sein, zumal dann auch das Zuströmen von Grundwasser auf ein Minimum beschränkt war. Aus diesen Gründen unternahm ich eine Bereisung des Rheins vom Quellgebiet in der Schweiz bis zu seiner Mündung in die Nordsee in dem sehr heißen und trockenen Sommer 1911, zu einer Zeit, wo auf ständig gleiches, klares, regenloses Wetter und damit auf regelmäßige Wasserverhältnisse zu rechnen war. Dementsprechend war der Wasserstand des Rheins ziemlich niedrig; doch war für die Schiffahrt noch genügend Wasser vorhanden, da die abschmelzenden Schnee- und Gletschermassen der Alpen für genügende Zufuhr sorgten. Ohne diese wäre im Spätsommer 1911 im Rhein keine Schiffahrt möglich gewesen.

Die Bereisung begann am 27. August 1911 am Tomasee beim St. Gotthard und endete am 5. September in Hoek van Holland an der Nordsee, von Anfang bis Ende vom Wetter begünstigt, sehr zum Vorteil für die Übersichtlichkeit der Ergebnisse. Die Reise erfolgte längs des Stromes ungefähr so schnell, wie der Rhein fließt, wenigstens nach Passieren des Bodensees, so daß angenähert die Möglichkeit der Entnahme einander entsprechender Proben gegeben war. Diese wurden fast durchweg vom Boot oder vom Dampfer aus entnommen; ihre Untersuchung geschah an Ort und Stelle. Betreffs näherer Ausführungen und Kartenmaterials sei auf die größere Arbeit in den Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung 1912, Heft 16, verwiesen. Dort finden sich auch Angaben über die Nebenflüsse, z. B. Aare (mit Reuß), Neckar, Main, Lahn, Mosel, Sieg, Ruhr und Lippe.

2. Allgemeines über das Rheinstromgebiet.

Das Niederschlagsgebiet des Rheins ist, verglichen mit anderen europäischen Flüssen, sehr wasserreich. Sein Areal beträgt, vom Quellgebiet des Stromes bis zur deutsch-holländischen Reichsgrenze gerechnet, rund 159 516 qkm. Das Gebiet der Maas, welche kurz vor der Mündung in die Nordsee einen Teil ihres Wassers an den Rhein abgibt, pflegt man nicht mehr zum Rheingebiet zu rechnen. Die Gesamtlänge des in seinem Lauf sehr wechselvoll gegliederten Stromes beträgt ca. 1230 km. Der größte Teil der seenreichen Schweiz sowie Vorarlbergs wird durch das obere Rheingebiet und durch die Aare entwässert. Es sind besonders Schneeschmelz- und Gletscherwässer, welche die Quellgebiete des Vorder-, Mittel-

und Hinterrheins dem Hochrhein zuführen. Ihre gesteinszertrümmernde Kraft ist im allgemeinen größer als ihre chemisch wirkende so daß sie kein an gelösten Nährstoffen besonders reiches Wasser abzuführen pflegen; kalkhaltiges Gestein passieren sie besonders in einem Teil derjenigen Partien, welche den Zentralalpen vorgelagert sind.

Der Bodensee wirkt naturgemäß als Sedimentierbecken. Die Stagnation seines Wassers ist ein Faktor physikalischer Art, welcher im Gegensatz zu einer starken Strömung begünstigend auf die Entwicklung von Euplankton wirken muß.

Bei Basel verläßt der Rhein das Alpenland und tritt, nach Norden umbiegend, in die Oberrheinische Tiefebene ein. An dieser Pforte wird sein Niederschlagsgebiet durch das der Donau und der Rhone stark eingeengt.

Auf dem langen Laufe durch diese an Altwässern reiche Ebene nimmt der Rhein von bedeutenden Nebenflüssen den Neckar, dessen Hauptgebiet in Württemberg liegt, und den fast ganz zu Bayern gehörigen Main auf; ihre Niederschlagsgebiete umfassen 13 966 bzw. 27 378 qkm. Die untere Rhein- und Mainebene ist reich an Siedelungen und Industrien, welche Zufuhr von organischen Nährstoffen und unorganischen Substanzen zum Wasser bedingen. Die dadurch verursachte Änderung in der chemischen Beschaffenheit des Wassers kommt deutlich in der Einwirkung auf das Plankton zum Ausdruck. Der Main besitzt zudem einige durch die Errichtung von Nadelwehren bedingte Staustufen, womit ebenfalls eine Förderung des Planktonwachstums verbunden sein kann.

Dicht bei der Mündung der Nahe tritt der Strom aus dem Rheingau zwischen den felsigen Gehängen des Niederwalds und des Bingerwalds in die Felsenstrecke des devonischen Schiefergebirges ein. Er verliert damit seinen kurz vorher dem Äußeren nach fast seenartigen Charakter und tritt in ein streckenweise schluchtartig gestaltetes Erosionstal ein. In raschem Wechsel folgen im Strombett Felsriffe und tiefe Kolke, Stromschnellen und scharfe Krümmungen, die aber die Wasserbeschaffenheit nur wenig zu beeinflussen vermögen. Die deutliche Vermischung des linksufrigen Rhein- und des rechtsufrigen Mainwassers erfolgt unter normalen Verhältnissen erst etwas vor der Mündung der Lahn.

Nach Aufnahme der auf französischem Gebiet entspringenden Mosel, welche mit ihrem zeitweiligen Hochwasser den Pegelstand des unteren Rheins zu beherrschen pflegt, verläßt der Strom bei Bonn das Schiefergebirge und tritt in die Niederdeutsche Ebene ein. In dieser durchfließt er besonders zwischen Wupper

und Lippe ein bedeutendes Industriegebiet mit bemerkenswertem Einfluß auf sein Wasser.

Kurz unterhalb Emmerich tritt der Rhein auf holländisches Gebiet über, wo er sich bald zu einem Mündungsdelta verzweigt. In diesem sind Waal und Lek die Hauptarme. Mit Wasser der Maas vermischt, mündet der Rhein unter Verlust seiner Eigenströmung infolge Ebbe- und Flutwirkung bei Hoek van Holland in die Nordsee.

3. Das Plankton des Rheins.

Das Organismenplankton stark strömender Gewässer, zu denen der Rhein mit Ausnahme des Bodensees und der Mündung zu Beginn der Flut gehört, ist fast immer von mineralischem und organischem Detritus durchsetzt; meist pflegt dieser die Planktonten an Menge zu überwiegen. Dementsprechend ist das Netz- bzw. Siebplankton des strömenden Rheins im allgemeinen von hauptsächlich erdiger, d. h. graubrauner Farbe, stellenweise mit einem Stich ins Grünliche. Im Bodensee dagegen war sie gelblich, an der Mündung in die Nordsee deutlich gelbgrün, weil an diesen Stellen die Naturfarben des Organismenplanktons im Fang ziemlich rein hervortraten.

Die in der Textfigur dargestellte Kurve gibt die Höhe des an jeder Entnahmestelle aus 50 l Wasser gewonnenen, nicht zentrifugierten Bodensatzes an Plankton (absiebbaren Schwebestoffen) am Grunde von Normalgläsern in natürlicher Größe.

Die Zahl der für die Kurve ausgewählten, in der Textabbildung näher bezeichneten Entnahmestellen beträgt 30.

Die folgenden Zeilen enthalten die näheren Angaben über die wichtigsten Planktonbefunde in der 1-ccm- und 20-ccm-Planktonkammer, sowie über Menge und Zusammensetzung der absiebbaren Schwebestoffe.

Toma-See, Quelle des Vorderrheins. 27. August 1911.

Kammerplankton pro 1 ccm Wasser:

Gesteinssplitterchen, sehr fein	tausende
Chrysomonadinen	8
Gymnodinium	1
Kleine Protozoen	vereinzelt

Kammerplankton pro 20 ccm Wasser:

Kein *Cyclops* oder dergleichen.

Netzplankton pro 50 l: 0,1 ccm.

Netzplankton qualitativ:

Detritus	*Canthocamptus*,
Nitzschia,	*Polyarthra*,
Cymbella,	*Anuraea cochlearis*,
Closterium,	Moosblattreste,
Cyclops, *Nauplius*,	Pflanzenhaare
Lynceus,	Holzfasern,

Wasserfarbe:

Blaugrün. Der grüne Farbenton wurde hauptsächlich durch die gelblichen überwiegend ungelösten Beimengungen zum blauen Wasser bedingt.

Wasser-Temperatur: 7° C.

Luft-Temperatur: 8° C ($7^1/_2$ Uhr morgens).

Der Toma-See liegt in der hochalpinen Region am Badusstock; er nimmt Schmelz- und Regenwässer auf, soll am Grunde aber auch eigene Quellen besitzen.

In Befund 2 bei Tschamut zeigte sich insofern ein Unterschied, als das Netzplankton durch beigemischtes Benthos etwas mannigfacher zusammengesetzt und ein wenig *Sphaerotilus natans* beigemischt war, dessen Entwicklung durch Dung alpiner Schafweiden bedingt war.

Vorderrhein bei Reichenau-Tamins, vor Einmündung des Hinterrheins. 27. August 1911.

pro 1 ccm:	Feinste Trübungskörperchen . . .	viele Tausend
	Sandkörnchen	16
	Organischer Detritus	wenig
	Nitzschia und *Navicula*, meist Schalen	vereinzelt
pro 20 ccm:	Keine Crustacea und Rotatoria.	
pro 50 l:	1,0 ccm.	
qualitativ:	*Chironomus*-Larven, meist klein, gelblich, (*Dendrocoelum*),	
	Pflanzenreste, spärlich, u. a. m.	
Sichttiefe:	35 cm.	
Wasserfarbe:	Trübe, graugrün.	
Wasser-Temp.:	14° C.	
Luft-Temp.:	22° C (gegen 5 Uhr nachm.).	

Die Trübung an dieser Stelle rührte von Einschwemmungen feiner Gesteinsbestandteile aus Wildbächen her. Beim Hinterrhein (Befund 4), der bald nach Passieren der oberhalb Thusis gelegenen Via mala einmündet, waren diese Detritusbestandteile und Tontrübungen noch reichlicher vorhanden.

Bei St. Margarethen (Befund 5) vor Eintritt in den Bodensee war die Menge der absiebbaren Schwebestoffe pro 50 l Wasser wohl wesentlich durch Verdünnung und Sedimentation wieder auf 0,3 ccm gesunken. Die Menge der Planktonorganismen pro 1 ccm war bis zu dieser Stelle nur gering, was durchaus dem Gebirgsflußcharakter des Rheinlaufes in der Schweiz und seinem Mangel an größeren Seen im Oberlauf entspricht.

Bodensee, zwischen Romanshorn und Friedrichshafen.
28. August 1911.

pro 1 ccm:	Tonartige Körperchen, äußerst fein . .	hunderte
	Detrituspartikel, kleine	ca. 30
	(Coccen)-Zoogloea	1
	Cryptomonas	3
	Uroglena volvox	0—1
	Gymnodinium / *Peridinium*	4
	Glenodinium	1
	Ceratium hirundinella	1—2
	Cyclotella-Zellen, in talerartiger Rolle . .	8
	Schroederia setigera	1
pro 20 ccm:	*Uroglena volvox*	3
pro 50 l:	0,05 ccm.	
qualitativ:	*(Microcystis)*,	*Botryococcus brauni*,
	Anabaena,	*Pediastrum pertusum*,
	Dinobryon,	*Kirchneriella lunata*,
	(Mallomonas),	*Arcella*, mit Luft,
	Cyclotella astraea, socialis,	*Difflugia hydrostatica*
	Melosira tenuis,	*Rhaphidiophrys*.
	Synedra acus,	*Acanthocystis*,
	Asterionella, sehr vereinzelt,	*Anuraea cochlearis*,
	Fragilaria crotonensis,	*Polyarthra platyptera*,
	Tabellaria fenestrata,	*Notholca longispina*,
	Pleurosigma acuminatum,	*Daphnia*-Reste,
	Nitzschia acicularis, ganz vereinzelt,	Nauplien u. a. m.
	Gesamtfarbe des Sedimentationsplanktons gelb.	
Sichttiefe:	4,5 m[1]).	
Wasserfarbe:	Grün, verglichen mit dem Himmel kein blauer Farbton beigemischt.	

1) Nach Forel (l. c) beträgt die Sichttiefe bei Friedrichshafen ca. 5 m, bei Konstanz zuzeiten 8—9 m.

Wasser-Temp.: 22° C.
Luft-Temp.: 24° C (zwischen 2 und 3 Uhr).

Das Kammerplankton an der Oberfläche des Bodensees läßt gegenüber dem oberen Rheinlauf deutlich die Zunahme an Euplanktonten erkennen. Unter diesen überwiegen bei der Reinheit des Wassers naturgemäß die oligosaproben bzw. katharoben Nahrungsproduzenten. Im Gesamtplankton übertreffen diese an Zahl die Nahrungskonsumenten. Als Sauerstofferzeuger tragen sie in den oberen Wasserpartien des Bodensees zur Belüftung bei, doch ist über den zahlenmäßigen Anteil ihrer Quantität an diesem Prozeß zurzeit nur wenig bekannt. Bei oligosaprober Natur der Planktonten läßt sich vermutungsweise sagen, daß bei ruhigem Wasser die biologische Durchlüftung in denjenigen Fällen genügt, wo pro 1 ccm mindestens einige Durchlüfter vorhanden sind. Die Zahl der unter Einhaltung der üblichen Methoden auf gewöhnlicher Nährgelatine entwicklungsfähigen Bakterien beträgt pro 1 ccm Bodenseewasser zu wärmeren Jahreszeit im allgemeinen 20—50, also — wie bei den Euplanktonten — ebenfalls wenig. Es ist sehr bemerkenswert, daß zwischen planktonischen Algen und Bakterien in der freien Natur an Stellen mit nicht gestörtem ökologischen Gleichgewicht, im Süßwasser und wahrscheinlich auch im Meere gewisse zahlenmäßige und ernährungsphysiologische Beziehungen bestehen, durch welche die planktologischen Methoden sich den bakteriologischen ähnlich gestalten lassen. Über diese Beziehungen möge das folgende Schema mit extremen, bestimmte Beispiele betreffenden Zahlenwerten orientieren.

Tabelle zur Veranschaulichung der physiologischen Beziehungen zwischen Algen- und Bakterienentwicklung in der freien Natur.

	Polysaprobien	Mesosaprobien	Oligosaprobien
organ. Nahrung	obligatorisch	obligatorisch	fakultativ
Chlorophyllfunktion	fakultativ?	obligatorisch	obligatorisch
Organismen	*Euglena viridis*	*Stephanodiscus hantzschianus*	*Asterionella formosa*
davon Zellen pro ccm	Wasserblüte (über 100000)	bis 58000	bis 6000
Bakterien pro ccm	ca. 1000000	meist $<$ 100000	meist $<$ 500

Der Bodensee steht naturgemäß der dritten Gruppe nahe, während der Mittel- und Niederrhein Beziehungen zur zweiten Gruppe zeigen. An Kleintieren pflegen in der dritten Zone *Bodo*-Arten und dergl. im geschöpften Plankton beigemischt zu sein, in der zweiten Zone, wie an späterer Stelle noch gezeigt werden soll, oft vorwiegend *Rotatoria*.

Die Gewässer der dritten Gruppe pflegen sich dadurch auszuzeichnen, daß ihr Planktongehalt in qualitativer und quantitativer Beziehung keinem besonders großen und schnellen Wechsel ausgesetzt zu sein pflegt. Damit im Einklang steht für den Bodensee die Ähnlichkeit der vorliegenden qualitativen Planktonbefunde mit den von SCHRÖTER und KIRCHNER in den „Bodensee-Forschungen" 1896 veröffentlichten Feststellungen.

Ähnlich wie in der Hydrobiologie unter Zuhilfenahme zahlenmäßiger Ermittelungen eine Zusammenfassung gewisser Organismengruppen möglich ist, gilt dies auch für die Anordnung der Seen nach der Farbe ihres Wassers im durchfallenden Licht nach chemischen Zahlen. Die Farbe des Rheinwassers im Quellgebiet an denjenigen Stellen, wo es durch Einschwemmung keine Trübung erfahren hat, ist blau, entsprechend der Naturfarbe des reinen Wassers. So sah ich es am 27. August 1911 bei Disentis in Graubünden.

Durch Auslaugungen des Bodens bilden sich bekanntlich gelbliche gelöste Humusstoffe, welche sich dem blauen Wasser beimischen und diesem einen blaugrünen, bei stärkerem Gehalt grünen und schließlich bei weiter gesteigerter Zufuhr organischer Substanz unter völliger Zurückdrängung des Blaus einen gelben oder gelbbraunen Farbenton verleihen. Im Rheinlauf und schließlich im Meere zeigen sich, dadurch bedingt, bei durchfallendem Licht folgende Abstufungen in der Eigenfarbe:

Hochrhein (wenn nicht getrübt)	blau
Bodensee	blaugrün-grün
Oberrhein	grün
Mittelrhein	gelbgrün-gelblich[1])
Niederrhein	gelblich-gelbbraun[1])
Nordsee bei Rheinmündung	grün
Freie Nordsee	blaugrün
Freier, nicht arktischer Ozean meist . . .	blau.

1) Bei ansteigendem Hochwasser häufig lehmig getrübt.

Als Maß für die Menge der im Bodensee vorhandenen organischen Substanz dient der Verbrauch an Milligrammen Kaliumpermanganat pro Liter in saurer Lösung. Dieser beträgt im vorliegenden Falle durchschnittlich gegen 5 mg, also etwa doppelt so viel als im fast rein blauen Genfer See. Die Menge von 5 mg Permanganatverbrauch pro Liter Wasser genügt, um den rein blauen Farbenton etwas zurückzudrängen.

Das Plankton des Bodensees besaß zur Zeit der Untersuchung gelbliche Farbe, doch schien mir seine Menge zu gering, um ihm einen wesentlichen direkten Anteil an der Umbildung des Blaus in Grün zuzuschreiben. Da indessen in jedem Kubikzentimeter noch Hunderte von äußerst feinen, tonartigen Trübungskörperchen vorhanden waren, könnten diese an sich grauen Bestandteile durch Reflex innerhalb des Wassers dazu beigetragen haben, das Gelb des Planktons wirksam zurückzuspiegeln, so daß außer der Eigenfarbe auch die Vegetationsfarbe bei Erzeugung des Grüns eine Rolle spielen könnte. Untersuchungen über die Farbe des Bodensees nach der künstlichen Farbenskala sind bei F. A. FOREL und EBERHARD GRAF ZEPPELIN in den „Bodensee-Forschungen“ 1893 mitgeteilt. Danach entspricht der Farbenton des Bodensees der Nr. VI—VII der Skala (blaugrün-grün), während der des Genfer Sees Nr. IV entspricht. Im weiteren, besonders unteren Lauf des Rheins nimmt entsprechend der Änderung der Farbe seines Wassers der Kaliumpermanganatverbrauch wesentlich zu, freilich nicht allein infolge Zufuhr natürlicher organischer Stoffe. Das in einer größeren Flasche geschöpfte Wasser des Rheins ist in dessen unterem Laufe von gelblicher Farbe, auch nach dem Sedimentieren der Schwebestoffe, während es im Oberlauf unter den gleichen Bedingungen farblos erscheint. Das Blau des reinen Wassers tritt erst in 1,5 und mehr Meter Dicke deutlich hervor.

Rhein bei Schaffhausen, oberhalb des Rheinfalls.
29. August 1911. Strommitte.

pro 1 ccm.:	Cryptomonaden	3
	Ceratium hirundinella	0—1
	Peridinium	0—1
	Cyclotella-Zellen, meist in Rollen	12
	Gomphonema / *Navicula* Schalen	4
	Protozoen, klein	6
	Detritusflöckchen, klein . . .	ca. 12
	Trübungskörperchen, sehr fein .	einige Hundert

pro 50 l: 0,1 ccm.

qualitativ:

Sphaerotilus-Büschelchen, ganz vereinzelt,
Bakterienklümpchen, klein,
Beggiatoa alba,
Fusarium, Fäden,
Ceratium hirundinella,
Gymnodinium palustre,
Uroglena volvox, fehlend,
Dinobryon sertularia,
Asterionella formosa, wenig,
Synedra delicatissima,
Fragilaria crotonensis,
Melosira arenaria,
Cocconeis auf Cladophora-Zellen,
Pediastrum boryanum,
Bursaria truncatella,
Notholca longispina,
Anuraea cochlearis,
Diaptomus,
Nauplius,
Hydra,
Chironomus-Larven, gelblich
Pflanzenhaare,
Detrituskrümel,
Chitinreste,
Sandkörnchen.

Sichttiefe: (an einer stillen, rechtsseitigen Uferstelle unmittelbar oberhalb der Brücke bei Schaffhausen): etwas über 5 m.

Wasserfarbe: Dunkelgrün.

Wasser-Temp.: 21° C.

Luft-Temp.: 20° C (gegen 8 Uhr morgens).

Nach Passieren des Bodensees hatte das Plankton im Rhein im Vergleich zum Oberflächenwasser des Sees selbst sich nicht wesentlich geändert, nur hatten sich infolge der starken Strömung naturgemäß einige vom Ufer abgerissene Organismen erratisch beigemischt.

Unterhalb des Rheinfalls, durch den das Wasser zur Zeit der Besichtigung zum großen Teil zu Gischt zerstäubt wurde, hatte *Ceratium hirundinella* etwas gelitten. Die Menge der absiebbaren Schwebestoffe hatte ein wenig zugenommen, da sich abgerissene Fäden von *Cladophora*, *Oedogonium* und *Chantransia* sowie krümelige Kotbestandteile von Insektenlarven beigemengt hatten.

Die Aare, welche kurz oberhalb Waldshuts (Befund 9) mündet, führte ein Plankton, welches, abgesehen von *Oscillatoria rubescens*-Fäden (3—4 pro ccm), dem des Rheins im allgemeinen ähnlich war. Die Menge der Schwebestoffe war hauptsächlich wegen Beimengung von Sand, Detritus, Moosblatt- und Chitinresten in der Aare etwas größer als im Rhein.

Rhein bei Straßburg, an der Brücke nach Kehl. 30. August 1911.

pro 1 ccm:	*Lampropedia*, 16zellige Kolonie . . .	1
	Oscillatoria rubescens, kleine Fäden . .	1—2
	Chrysomonadinen, Protozoen, klein	30
	Dinobryon, Gehäuse	1
	Ceratium, tot	0—1
	Peridinium	5
	Cyclotella, Zellen	2
	Synedra acus	1
	Nitzschia acicularis	1
	Hantzschia amphioxys	1
	Navicula, Schale	1
	Detrituspartikel, gröbere	10
	Trübungskörperchen, klein	hunderte
pro 20 ccm:	Mindestens 10 charakteristische Detrituskügelchen.	
pro 50 l:	0,2 ccm.	

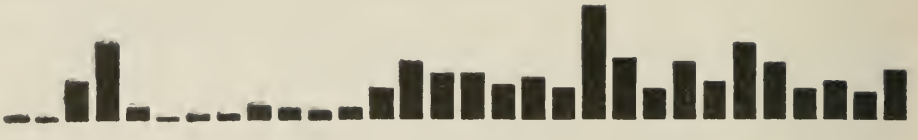
qualitativ: Coccen-Planktonzoogloeen, *Staurastrum*, *Sphaerotilus*-Fäden, *Closterium lunula*, *Anabaena*, *Spirogyra*, Chrysomonadinen, *Chlamydomonas*, *Peridinium tabulatum*, *Pandorina morum*, *Ceratium*, meist unbeweglich und Panzer, *Cladophora*-Fäden, *Chantransia*, nicht selten, *Gymnodinium*, Flagellaten, farblos, *Cyclotella* in Rollen, *Anthophysa* mit Kopf, *Asterionella formosa*, *Carchesium*-Stiele, *Fragilaria crotonensis*, *Synchacta pectinata*, *Tabellaria fenestrata*, *Polyarthra platyptera*, *Synedra delicatissima*, *Anuraea cochlearis*, *Synedra ulna*, Chitinreste, *Pleurosigma*, Papierfibrillen, Stiele von Diatomeen, Detritus, zierlich krümelig, *Cosmarium ornatum*,

Sichttiefe: Gegen 2 m.

Wasserfarbe: Schön grün, dunkler als bei Basel; weniger tonig getrübt.

Wasser-Temp.: 22° C.

Luft-Temp.: 25,5° C (gegen 5 Uhr nachmittags).



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

Planktonkurve und Rheinlauf mit Entnahmestellen.

Die Kurve wird gebildet durch Aneinanderreihung der Bodensätze in den Normalplanktongläsern — bestehend aus Netz- oder Siebplankton pro 50 l Wasser — in natürlicher Größe, so daß 1 cm Höhe = 2 ccm Inhalt bedeutet.

Ort	Datum	Planktonmengen	Entfernung	Höhe ü. d. M.
1. Toma-See	27. Aug. 1911	ca 0,1 ccm	0 km	ca. 2340 m
2. Tschamut	„	„ 0,1 „	ca. 4 „	„ 1650 „
3. Vor Reichenau-Tamins	„	„ 1,0 „	„ 67 „	„ 586 „
4. Nach Hinterrhein	„	„ 2,0 „	„ 68 „	„ 586 „
5. St. Margarethen	28. Aug 1911	„ 0,3 „	„ 160 „	„ 399 „
6. Bodensee, Mitte	„	„ 0,05 „	„ 180 „	„ 395 „
7. Vor Rheinfall	29. Aug. 1911	„ 0,1 „	„ 255 „	„ 386 „
8. Hinter Rheinfall	„	„ 0,15 „	„ 258 „	„ 356 „
9. Waldshut	„	„ 0,35 „	„ 313 „	„ 309 „
10. Basel	30. Aug. 1911	„ 0,25 „	„ 377 „	„ 244 „
11. Straßburg	„	„ 0,2 „	„ 504 „	„ 134 „
12. Vor Mannheim	31. Aug. 1911	„ 0,3 „	„ 634 „	„ 87 „
13. Vor Bingen	1. Sept. 1911	„ 0,8 „	„ 736 „	„ 77 „
14. Rüdesheim	„	„ 1,5 „	„ 737 „	„ 77 „
15. Rhens, Strommitte	„	„ 1,2 „	„ 791 „	„ 60 „
16. Vor Koblenz	„	„ 1,2 „	„ 799 „	„ 59 „
17. Andernach	2. Sept. 1911	„ 0,9 „	„ 821 „	„ 53 „
18. Hinter Bonn	„	„ 1,1 „	„ 866 „	„ 45 „
19. Vor Köln	„	„ 0,8 „	„ 896 „	„ 37 „
20. Niehl-Flittard	3. Sept. 1911	„ 3,0 „	„ 904 „	„ 36 „
21. Hitdorf, links	„	„ 1,6 „	„ 913 „	„ 34 „
22. Bei Düsseldorf	„	„ 0,8 „	„ 951 „	„ 27 „
23. Ürdingen-Krefeld, rechts	„	„ 1,5 „	„ 971 „	„ 23 „
24. Ruhrort	4 Sept. 1911	„ 1,0 „	„ 987 „	„ 20 „
25. Bei Orsoy (Emschermündung)	„	„ 2,0 „	„ 999 „	„ 19 „
26. Bei Rheinberg, rechts	„	„ 1,5 „	„ 1010 „	„ 16 „
27. Vor Wesel, links	„	„ 0,8 „	„ 1019 „	„ 15 „
28. Emmerich	„	„ 1,0 „	„ 1058 „	„ 10 „
29. Rotterdam	5. Sept. 1911	„ 0,7 „	„ 1198 „	„ 0—1 „
30. Hoek van Holland	„	„ 1,3 „	„ 1230 „	„ 0 „

Der Befund bei Basel war dem vorstehend mitgeteilten bei Straßburg im wesentlichen ähnlich, nur waren die Chrysomonadinen u. a. m. in geringeren Mengen vorhanden. Diese stammten wahrscheinlich aus den Ufermoosbeständen (*Fontinalis* und *Cinclidotus*) oberhalb Straßburgs.

Qualitative Untersuchungen über die Biologie des Oberrheins finden sich in den Arbeiten von R. LAUTERBORN (Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, 1907—10 und Verhandl. des naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. N. F. 1910).

M. MARSSON (Arbeiten aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte, 1907—10) untersuchte den Rhein auf der Strecke von Mainz bis Koblenz auch quantitativ mittels der Planktonkammer, doch war die Menge der Planktonten in den Jahren 1908—10 wesentlich geringer als in dem für solche Studien besonders günstigen Sommer 1911.

Rhein bei Biebrich, km 0 der preußischen Rheinstrecke. Linke Stromseite vor Beimischung des Mainwassers. 1. September 1911.

pro 1 ccm:	*Sphaerotilus*-Fäden	vereinzelt
	Anabaena-Rest	1
	Cryptomonas erosa	2
	Chlamydomonas	2
	Cyclotella-Zellen in Rolle	6
	Stephanodiscus	3
	Asterionella-Kolonie, 8strahlig . .	1
	Synedra acus	1
	Nitzschia acicularis	2
	Navicula, lebend	1
	„ Schalen	2
	Scenedesmus caudatus, Kolonie . .	1
	Tintinnidium fluviatile	2
	Detrituspartikel, grob	einige Dutzend
pro 20 ccm:	Keine Sphaerotilus-Flöckchen.	
Sichttiefe:	1,10 m.	
Wasserfarbe:	Fahl graugrün im auffallenden Licht.	
Wasser Temp.:	$21^1/_4{}^\circ$ C.	
Ström.-Geschw.:	0,9 m.	

An dieser Stelle zeigt sich der Einfluß von Ludwigshafen, Mannheim und Mainz in dem Auftreten von *Sphaerotilus natans* als Kammerplanktont.

Rhein bei Biebrich. Rechte Stromseite; hier Mainwasser führend.

1. September 1911.

pro 1 ccm:	*Sphaerotilus*-Fäden	vereinzelt
	Cryptomonas erosa	vereinzelt
	Stephanodiscus hantzschianus . . .	60
	Synedra acus	20—30
	„ *actinastroides*, Kolonie . .	1
	Nitzschia, *Hantzschia*	vereinzelt
	Dictyosphaerium, *Hariotina reticulata* Kolonien . .	mindestens 50
	Scenedesmus acutus, „ *obtusus*, *Pediastrum boryanum*, *Brachionus*	vereinzelt
	Detrituspartikel	hunderte
pro 20 ccm:	3 Flöckchen von *Sphaerotilus*, etwa erbsengroß.	
pro 50 l:	1,6 ccm.	
qualitativ:	*Sphaerotilus*-Flocken, ziemlich häufig,	*Brachionus*,
	Ceratium, breite Form,	*Anuraea tecta*,
	Synedra acus,	Papier- oder Zellulosefasern,
	Pediastrum,	Stoffasern, blau,
	Dictyosphaerium pulchellum, häufig,	Farbstoffpartikel, rot und gelb,
	Arcella vulgaris,	Pflanzenhaare, wahrscheinlich von Gerbmitteln,
	Callidina, reichlich,	Kohlepartikel,
	Rotifer actinurus,	Ruß
	Triarthra,	u. a. m.
Sichttiefe:	70 cm.	
Wasserfarbe:	Rotbraun, Bugwellen der Dampfer rosa.	
Wassergeruch:	Scharf erdig, am Ufer fast brandig.	
Wasser-Temp.:	21° C.	
Luft-Temp.:	22° C (9 Uhr morgens).	

Der Main führte erhebliche Mengen von Kammerplankton zu, besonders *Stephanodiscus hantzschianus*, *Synedra acus*, *Dictyosphaerium* und den erratischen *Sphaerotilus natans*. Der Befund läßt auf stärker saproben Charakter des Mainwassers gegenüber dem des Rheins schließen. Auch *Dictyosphaerium pulchellum* läßt bei so häufigem Vorkommen diesen Schluß zu (vgl. diese Berichte 1908, Bd. XXVIa, S. 514); bei vereinzeltem Auftreten hat sein Vor-

kommen im Vierwaldstätter See (vgl. H. BACHMANN, Mitteilung der Naturf. Ges. Luzern, 1911, Heft 6) nichts Überraschendes an sich.

Die Menge der absiebbaren Schwebestoffe war auf 1,6 ccm pro 50 l angestiegen.

Rhein bei Koblenz. Oberhalb der Stadt bei der Eisenbahnbrücke. Linke Stromseite. 1. September 1911. Abends 7 Uhr.

pro 1 ccm:	*Sphaerotilus*-Fäden	einzeln
	Anabaena-Faden	1
	Cryptomonas erosa	1
	Flagellaten, klein	Dutzende
	Gymnodinium	1
	Chlamydomonas	1
	Phacotus lenticularis	1
	Lepocinclis ovum	1
	Stephanodiscus	20
	Nitzschia acicularis	1
	„ *communis*	2
	Synedra actinastroides, Kolonien zu 6 und 12 Zellen	2
	Dictyosphaerium, *Hariotina*	10
	Scenedesmus obtusus, „ *caudatus*, „ *acutus* Kolonien	6
	Conferva (*depauperata*), Fäden	2
	Anthophysa mit Kopf	1
	Detritus, gröbere Partikel	Dutzende
	„ feinere Partikel	einige 100
pro 20 ccm:	2 Ciliaten, keine Rotatoria.	
pro 50 l:	1,2 ccm.	

Der vorstehende Befund läßt erkennen, daß der bei Biebrich bestehende Gegensatz zwischen den beiden Stromseiten sich bei Koblenz zur Zeit der Untersuchung ausgeglichen hatte und der Einfluß des Mainplanktons dominierend geworden war.

Rhein bei Köln. Oberhalb der Stadt an der Südbrücke. Mitte des Stromes, 2. September 1911, 4 Uhr nachmittags.

pro 1 ccm:	*Cryptomonas*	2
	Gymnodinium	1

Stephanodiscus und *Cyclotella*	20—25
Synedra acus	2
„ *actinastroides*	1
Navicula	2
Nitzschia acicularis	2
Chlamydomonas	2
Dictyosphaerium	4
Scenedesmus acutus	4
„ *caudatus*	3
Polyarthra	0—1
Detritus, gröbere Partikel	Dutzende

pro 50 l: 0,8 ccm.

qualitativ:

Sphaerotilus-Fäden,
Merismopedia glauca,
Oscillatoria agardhi, sammelte sich in geringer Menge an der Oberfläche des Planktonglases,
Dinobryon sertularia, häufig,
Ceratium, schlanke Form, tot,
Melosira (*tenuis*),
Cyclotella und *Stephanodiscus*,
Fragilaria crotonensis, häufig,
Fragilaria capucina,
Tabellaria fenestrata,
Asterionella formosa,
Synedra acus,
„ *ulna*,
„ *actinastroides*,
Nitzschia sigmoidea,
Naviculeen,
Pleurosigma attenuatum,
Surirella biseriata,
„ *splendida*,
Cymbella-Schalen,
Closterium,
Cosmarium margaritiferum,
Pandorina morum,
Eudorina elegans,
Dictyosphaerium,
Schizochlamys,
(*Tetraspora*),
Hariotina,
Coelastrum,
Pediastrum simplex,
„ *selenaea*,
Crucigenia,
Scenedesmus acutus,
„ *quadricauda*,
Conferva,
Chantransia,
Epistylis,
Carchesium,
Brachionus,
Amuraea cochlearis,
„ *tecta*,
Polyarthra,
Triarthra longiseta,
Rotiferiden,
Chironomiden-Larven,
Detritus,
Pflanzenreste,
Kohlepartikel,
Sand.

Sichttiefe: ca. 1 m.

Wasserfarbe: Oliv-bräunlich im auffallenden Licht.

Unterhalb der Stadt Köln (Befund 20) stieg infolge Einschwemmung von Detrituspartikeln, Papierfasern, Fleischmuskelfasern usw. die Menge der absiebbaren Schwebestoffe an der linken Stromseite bei Niehl-Flittard auf 3,0 ccm pro 50 Liter Wasser, war vor Düsseldorf aber wieder auf 0,8 ccm zurückgegangen. Hinter größeren Besiedlungszentren sehen wir die Menge der absiebbaren Schwebestoffe immer wieder ansteigen, um dann allmählich wieder abzusinken. Eine Summierung findet demnach, wie man eigentlich erwarten sollte, nicht statt. Dieser Umstand dürfte sich hauptsächlich durch die Freßtätigkeit der Rädertiere, Kleinkrebschen, Insektenlarven und Fische erklären, während das pflanzliche Kleinplankton dem sonst üppiger sich entwickelnden *Sphaerotilus natans* die gelöste organische Nahrung entzieht. Papier- und Holzfasern werden in strömenden Gewässern meist zu kleinen Fibrillen aufgelöst und nicht durch den anaeroben *Bacillus cellulosae* angegriffen. Betrachtungen über den saproben Charakter der festsitzenden pflanzlichen Organismen auf der Rheinstrecke bei Köln finden sich bei H. SCHENK (Zentralbl. für allgem. Gesundheitspflege, Bonn, 1893), über die Zahl der pro 1 ccm auf gewöhnlicher Nährgelatine entwicklungsfähigen Keime bei W. KRUSE (Zeitschr. f. Hyg. und Infektionskrankh. 1908) und bei O. SPITTA (Arch. f. Hyg. 1900). Bei letztgenanntem Autor finden wir außerdem den ersten Versuch, durch quantitative Netzfänge Aufschluß über den Gehalt des Rheins an planktonischen Algen zwischen Köln und Düsseldorf zu erhalten.

Rhein bei Emmerich. 4. September 1911. Strommitte.

pro 1 ccm:	*Cryptomonas*	6
	Dinobryon, Kolonie	1
	Cyclotella und *Stephanodiscus*	ca. 70
	Synedra actinastroides	3
	„ *acus*	ca. 40
	Nitzschia acicularis	3
	Fragilaria crotonensis, Band	1
	Hantzschia amphioxys	2
	Pleurosigma attenuatum	1
	Closterium acerosum	2
	Staurastrum	1
	Dictyosphaerium	15—18
	Chlamydomonas	8
	Phacotus lenticularis	1

	Scenedesmus	10—12
	Pediastrum	5
	Protozoen, klein	nicht selten
	Anthophysa mit kl. Kolonie	1
	Anuraea cochlearis	0—1
pro 50 l:	ca. 1,0 ccm (über das ganze Stromprofil).	
Sichttiefe:	80 cm.	

Emmerich ist die letzte deutsche Stadt am Rhein vor dessen Übertritt auf holländisches Gebiet. Der Befund 28 läßt erkennen, daß nach dem endgültigen Passieren bedeutender Besiedlungs- und Industriezentren die Menge der aus dem Rheinwasser absiebbaren Schwebestoffe keine wesentliche Zunahme erfahren hat, doch sind durch *Sphaerotilus natans* geringe schleimige Bestandteile beigemengt.

Rhein (Nieuwe Maas) bei Rotterdam. Rechtes Ufer an der Oude Plantage, bei Flut. 5. September 1911. Gegen 12 Uhr mittags.

pro 1 ccm:	*Cryptomonas*	4
	Euglena viridis	1
	Glenodinium	1
	Melosira, Faden	1
	Coscinodiscus subtilis	1—2
	Cyclotella	20—25
	Synedra actinastroides, Kolonien .	23
	„ *acus*	30—40
	Asterionella	3
	Fragilaria crotonensis, Bänder . .	2
	Diatoma elongatum	2
	Chlamydomonas	6
	Gonium pectorale	1
	Dictyosphaerium	12—14
	Scenedesmus, Kolonien	5
	Pediastrum	4
	Coelastrum	1
	Actinophrys sol	1
	Halteria grandinella	1
	(Monostyla)	2
	Anuraea cochlearis	2
	Detrituspartikel, mittelfein . . .	einige hundert
pro 20 ccm:	Mindestens 20 Rotatoria.	
pro 50 l:	0,7 ccm.	

qualitativ: *Coscinodiscus subtilis*, *Fragilaria crotonensis*, *Asterionella formosa*, *Diatoma elongatum*, *Synedra delicatissima*, „ *actinastroides*, *Pandorina morum*, *Dictyosphaerium pulchellum*, „ *ehrenbergianum*, *Botryococcus brauni*, *Richteriella botryoides*, *Schizochlamys g latinosa*, *Pediastrum boryanum*, „ *pertusum*, *Coelastrum microporum*, *Carchesium lachmanni*, *Brachionus*, *Anuraea*, *Asplanchna*, } zahlreich, Papierfasern, Stoffasern, gefärbt, u. a. m.

Sichttiefe: 1 m.

Wasserfarbe: Gelblich.

Wasser-Temp.: 21 ° C.

In diesem Befunde 29 fällt das Vorhandensein mariner bzw. brakiger Algen (*Coscinodiscus*) und das reichlichere Auftreten von Rädertieren (besonders *Brachionus*, *Asplanchna* und *Anuraea*) auf. Eine ähnliche Erscheinung, auch reichliches Auftreten von *Crustacea*, findet sich zur wärmeren Jahreszeit im Staugebiet der Flut und im Hafengebiet an der Elbe bei Hamburg (vgl. RICH. VOLK, Hamburgische Elb-Untersuchungen, 1901; über Algen H. SELK, ebenda, 1908).

Rhein (Nieuwe Waterweg) an der Mündung in die Nordsee, bei Station Hoek van Holland. Zwischen 3 und 4 Uhr. 5. September 1911.

pro 1 ccm:	*Ceratium tripos*	2
	„ *fusus*	2
	Peridinium divergens	1
	Chaetoceras, lebend	8
	„ Schalen	2
	Rhizosolenia	2
	Eucampia-Zellen	3
	Coscinodiscus	2
	Cyclotella-Schalen	2
	Pleurosigma	1
	Navicula	2—4
	Tintinnopsis	1
	Protozoen, klein	vereinzelt
pro 50 l:	1,3 ccm; ganz marin, Detritus fast fehlend.	

qualitativ:	*Peridinium*,	*Biddulphia*,
	Ceratium tripos, zahlreich	*Dictyosphaerium* (abgestorben),
	„ *fusus*,	*Tintinnopsis*,
	Coscinodiscus,	*Copepoden* u. a. m.
	Bacteriastrum	
	Chaetoceras,	
Sichttiefe:	ca. 3 m.	
Wasser-Temp.:	20 ° C.	

Bei Hoek van Holland drückte zur Zeit der Untersuchung der Ebbestrom das Nordseewasser wieder aus dem Rhein heraus. Der Gehalt an marinem Kammerplankton war ziemlich bedeutend; dieser Befund kann aber nicht überraschen, da in der Nähe der Küste geschöpfte Proben weit planktonreicher zu sein pflegen als solche aus dem freien Meere.

4. Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Die Arbeit beschäftigt sich mit quantitativen Planktonuntersuchungen des gesamten Rheinstroms nach einfachen Methoden, die zum Teil zu denen der Bakteriologie in näherer Beziehung stehen.

Die absiebbaren Schwebestoffe (im vorliegenden Falle abfangbar durch Maschen von ca. $^1/_{15}$ mm Seitenlänge) ließen, zu einer Kurve zusammengestellt, eine bestimmte Gesetzmäßigkeit in ihrem Verhalten im Strome erkennen (im oberen Lauf vorwiegend Flachkurve, im unteren Wellenkurve); diese Gesetzmäßigkeit tritt dadurch besonders deutlich hervor, daß infolge günstiger Witterung im ganzen Gebiet und infolge bedeutender Wasserarmut fast aller Nebenflüsse im Hauptstromlauf selbst sehr gleichmäßige Verhältnisse herrschten. Bei Hochwasser, bei bedeutender Einwirkung von Nebenflüssen, bei Schneeschmelzen u. a. m. wird sich kein so einfaches Bild ergeben wie im vorliegenden Falle.

2. Während das Kammerplankton des Hoch- und Oberrheins mehr Gebirgsfluß- und Gebirgssee-Charakter trug, beherrschte das des Mains den Mittel- und Unterrhein. Dieser zweite Stromabschnitt trug infolge spezifischer chemischer Beeinflussung des Wassers deutlicher saproben Charakter als der erste. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß der Einfluß des Mains bis Rotterdam reicht, sondern nur, daß der Rheinzustand im unteren Lauf so beschaffen ist, daß eine Reihe der vom Main zugeführten Organismen in ihm weitere, vielfach ähnliche Lebensbedingungen finden.

3. Der heiße Sommer 1911 hatte die Entwicklung eines für rheinische Verhältnisse ziemlich bedeutenden Gehaltes an Kammer-

plankton in der unteren Stromhälfte ermöglicht. Ähnlich lagen die Verhältnisse für die Elbe in dem heißen Sommer 1904 (für 1911 liegen keine Untersuchungen vor).

Die hohe Wassertemperatur und der Planktonreichtum beschleunigten die im Wasser sich abspielenden Zersetzungserscheinungen und Umbildungsprozesse.

4. Der Einfluß der geologischen Beschaffenheit des Gebietes und die Form des Strombettprofils sowie die Gliederung der Ufer, soweit diese nicht bedeutende Buchten bilden, treten weit zurück gegen den die Entwicklung des Planktons fördernden Einfluß der Stagnation, besonders in Verbindung mit chemischen Einwirkungen düngender Natur. Organische Stickstoffnahrung und ausreichende Ruhe sind zwei mächtige Faktoren für die Planktonentwicklung. Fehlen beide, so findet sich am primären Wachstumsherd nur wenig Plankton.

Vom Bodensee vermute ich, daß er in seinem klaren Wasser nicht wesentlich mehr Kammer-Planktonten und Bakterien zu erzeugen vermag, als in den oben mitgeteilten Befunden angegeben ist. Zur Zeit der Untersuchung waren die Ernährungsverhältnisse wahrscheinlich relativ günstig, da kein Verdünnungswasser durch Regen zugeführt wurde und durch Verdunstung von Wasser infolge der Hitze eine gewisse Konzentration eintrat. Sonst unterliegt der See in seiner Gesamtheit keinen besonderen düngenden Einflüssen, es müßte denn gelegentlich ein Aufsteigen von Nährstoffen aus der Schlammregion stattfinden. So könnte sich das massenhafte Auftreten von *Oscillatoria rubescens* in manchen Seen, besonders schweizerischen, erklären.

Die Alpenwässer, welche der Rhein dem Bodensee zuführt, sind im Vergleich zu den meisten Wässern der Niederungen für Plankton sehr nahrungsarm.

In ernährungsphysiologischer Beziehung besteht bezüglich des Planktons eine auffallende Ähnlichkeit der großen, tiefen schweizerischen und oberitalienischen Wasseransammlungen mit der Hochsee.

5. Die Eigenfarbe des Wassers war blau für den Hochrhein, blaugrün bis grün für den Bodensee, grün für den Oberrhein, gelbgrün bis gelblich für den Mittelrhein, gelblich bis gelbbraun für den Niederrhein (Bedeutung der Permanganatzahl für große Seen). Während sich der Rhein eines Teiles seiner absiebbaren Schwebestoffe zu entledigen vermochte, unterlagen die gefärbten gelösten organischen Stoffe keiner auffallenden Zersetzung. Jedenfalls gewann der Rhein in der niederdeutschen Ebene bei seiner jetzigen Inanspruchnahme keine „grünen Wellen“ wieder.

6. Im Mündungsgebiet verliert der Rhein durch die Einwirkung der Flut seinen normalen Strömungscharakter und unterliegt periodischer Stagnation. Infolge dieser veränderten Verhältnisse pflegt, wenigstens zur wärmeren Jahreszeit, ein stärkeres Anwachsen von im freien Wasser lebenden Kleintieren, die als Plankton- und Detritusfresser tätig sind, einzutreten, wodurch im Verein mit der beginnenden brakigen Natur des Wassers veränderte ökologische Gleichgewichtsverhältnisse einzutreten beginnen. Beim endgültigen Vordringen in das Meerwasser stirbt das Rheinplankton schließlich ab, hilft dadurch düngen und liefert so in der Nähe der Küste Nahrung für die marinen Schwebeorganismen.

---

29. F. Jesenko: Über das Austreiben im Sommer entblätterter Bäume und Sträucher.

(Aus dem Institute für Pflanzenzüchtung der Hochschule für Bodenkultur in Wien.)

(Mit Tafel IX.)

(Eingegangen am 26. April 1912.)

Es ist bekannt, daß Bäume, die ihr Laub — beispielsweise durch Käferfraß — verloren haben, noch in derselben Vegetationsperiode neuerlich ausschlagen und sich in kurzer Zeit wieder mit frischem Blattwerk bedecken, indem Knospen, die normalerweise erst im nächsten Frühjahr austreiben würden, nach der Entblätterung sofort zur Entwicklung schreiten. Ein sofortiges neuerliches Austreiben erfolgt jedoch, wie JOHANNSEN gezeigt hat, nur dann, wenn die Entlaubung zeitig im Sommer erfolgt, während im Spätsommer entblätterte Stäucher bis zum nächsten Frühjahr kahl bleiben. Die Versuche JOHANNSENs wurden von MOLISCH bestätigt und dahin ergänzt, daß nicht nur eine vollständige Entlaubung, wie JOHANNSEN meinte, sondern auch eine teilweise Entblätterung ein neuerliches Austreiben nach sich bringt, wenn sie nur zeitig im Sommer ausgeführt wird. Im Spätsommer, wo auf bloße Entlaubung hin kein Austreiben mehr erfolgt, gelang es JOHANNSEN durch Einwirkung von Ätherdämpfen, MOLISCH durch das Warmbad, noch in derselben Vegetationsperiode eine Knospenentwicklung anzuregen.

Meine Versuche gingen dahin, zu prüfen, inwieferne das Stich- und Injektionsverfahren (JESENKO, WEBER) eine Wiederbelaubung im Spätsommer entblätterter Bäume zu beeinflussen vermag. Zu diesem Zwecke wurden verschiedene, teils im Freiland stehende, teils eingetopfte Bäumchen und Sträucher entlaubt und die Knospen mit verdünnten Alkohol-, Ätherlösungen und reinem Wasser injiziert bzw. nur angestochen. Von einigen Holzgewächsen wurden abgeschnittene und entblätterte Zweige in Glasgefäße mit Wasser gestellt und die Knospen in ähnlicher Weise wie bei eingetopften Pflanzen behandelt.

Tilia grandifolia. Am 24. Juli wurden zwei ungefähr 3 m hohe Bäumchen von *Tilia* entblättert, von denen das eine Injektionen in die Knospen erhielt, das andere aber als Kontrollpflanze keiner weiteren Behandlung unterzogen wurde. An verschiedenen Stellen des Baumes wurden die Knospen mit 10-, 5- oder 1 proz. Alkohol, mit 1- und 0,1 proz. Äther, andere wieder mit reinem Wasser injiziert oder auch nur angestochen. Am 31. Juli begannen die ersten Knospen zu schwellen und zwar jene, die mit 1 proz. Alkohol injiziert worden waren. Tags darauf folgten die angestochenen, mit Wasser und 0,1 proz. Äther injizierten Knospen, während die nicht angestochenen, die mit 10- und 5 proz. Alkohol und 1 proz. Äther injizierten Knospen an diesem Tage noch vollständig geschlossen waren; auch die Knospen des Kontrollexemplares rührten sich noch gar nicht. Am 5. August entwickelten die mit Wasser injizierten Knospen bereits Blätter und auch einige mit 5 proz. Alkohol eingespritzte Knospen gingen auf; 10 proz. Alkohol und 1 proz. Äther schädigten aber die Knospen durchwegs so stark, daß sie gar nicht austrieben. Am Kontrollbäumchen öffneten sich nur wenige und vor allem kleine, tief in der Baumkrone sitzende Knospen. Am 9. August waren einzelne injizierte und angestochene Knospen bereits zu 3—5 cm langen Sprossen ausgewachsen; am meisten voran waren die, welche eine Wasserinjektion erhielten. Die nicht behandelten Knospen am selben Zweige waren alle ohne Ausnahme noch geschlossen. Tiefer in der Baumkrone sitzende Knospen entwickelten sich viel rascher und kräftiger als die an der Peripherie des Baumes gelegenen (Taf. IX, Fig. 1 u. 2).

Während an vollständig entblätterten Zweigen die Knospen nach Verletzung und nach Injektionen bereits nach einigen Tagen zu wachsen begannen, blieben die ebenso behandelten Knospen

jener Zweige, an denen noch eine Anzahl Blätter belassen wurde, in der Regel vollständig stecken. An einem Zweige mit 35 Blättern wurden 23 abgenommen und 12 Blätter zerstreut auf dem Zweige stehen gelassen. Von den 23 in den Achseln der abgenommenen Blätter gestandenen injizierten oder angestochenen Knospen ging keine einzige auf. Am 8. August wurden noch die restlichen 12 Blätter abgenommen, doch trieben auch dann die Knospen nicht mehr aus. An einem langen Zweige wurden mit Ausnahme zweier Blätter alle abgenommen und am 25. Juli mehrere Knospen, auch die in den Achseln der zwei zurückgebliebenen Blätter stehenden mit 1proz. Alkohol injiziert. Während die meisten Knospen bis zum 8. August bereits beblätterte Sprosse austrieben, blieben die zwei Knospen in den Blattachseln vollständig stecken und entwickelten sich auch dann nicht, als die Blätter am 2. August abgenommen wurden. Die zurückgebliebenen Blätter verhinderten also in irgend einer Weise das Austreiben der Knospen, die sonst durch Anstich und entsprechende Injektionen regelmäßig aufgingen.

Fagus silvatica. Das 2 m hohe Bäumchen wurde am 30. Juli vollständig entlaubt und den Tag darauf in die Knospen 5- und 1proz. Alkohol, 1- und 0,5proz. Äther und reines Wasser mit Hilfe der Morphiumspritze injiziert. Einige Knospen wurden mit der Spitze der Morphiumspritze an der Basis angestochen oder es wurde der Stich so geführt, daß er durch die ganze Längsachse der Knospe hindurchging. Die beginnende Entwicklung stellte sich am 10. August bei Knospen ein, die mit 1proz. Alkohol injiziert worden waren. Am 10. August öffneten sich viele von den angestochenen Knospen und zwar gleichgültig, ob sie nur am Grunde oder der ganzen Länge nach durchstochen worden waren. Im letzteren Falle ereignete es sich jedoch häufig, daß der in der Knospe ruhende Trieb durch den Anstich so stark verletzt wurde, daß die ganze weitere Entwicklung eine empfinliche Störung erlitt. Wurde jedoch der Stich unterhalb der Knospe in das Holz geführt, so blieb er wirkungslos. Um ein Austreiben zu bewirken, muß der Stich die Knospe selbst oder mindestens die Basis derselben treffen. Ich dachte zuerst, daß die Verletzung in erster Linie am Grunde der Knospe wirksam wäre. Daß dem nicht so ist, zeigte sich an Knospen, die nur hoch oben an der Spitze zwei bis dreimal durchstochen wurden und doch in 10 Tagen zu treiben begannen. Eine Anzahl Knospen wurde mit einem scharfen Messer ungefähr in der Mitte etwas angeschnitten oder die Spitze der Knospe wurde mit einer Schere abgeschnitten. Die in dieser Weise verletzten Knospen trieben am 10. August aus wie die an

der Basis angestochenen und entwickelten sich in der Folgezeit zu schönen Sprossen, während die nicht verletzten Knospen durchweg geschlossen blieben (Taf. IX, Fig. 4).

Mag nun die Verletzung durch Stich oder Schnitt an der Basis oder an der Spitze der Knospen geschehen, es erfolgt dadurch im Spätsommer eine Wiederbelaubung von *Fagus*, während die bloße Entblätterung wirkungslos bleibt. Von nicht behandelten Knospen gingen am ganzen Baume nur vier Knospen am 18. August auf; es waren kleine, im unteren Teile der Krone gelegene Knospen[1]). Injektionen von 5proz. Alkohol und von verdünntem Äther waren dem Austreiben weniger günstig, die Knospen gingen wohl am 9. August auf, sie entwickelten sich jedoch nicht so gut, wie die mit Wasser und 1proz. Alkohol injizierten.

Am 20. August wurde ein eingetopftes Buchenbäumchen entlaubt und die Knospen mit 10-, 5-, 1proz. Alkohol mit 1- und 0,1proz. Äther und reinem Wasser injiziert. Einige Knospen wurden bloß angestochen oder mit einer Schere entspitzt. Am 2. September begannen einige Knospen, und zwar die mit 5proz. Alkohol injizierten, zu treiben. Zwei Tage nachher fingen auch die verletzten Knospen an aufzugehen, doch waren ihnen die mit Alkohol injizierten Knospen auch weiterhin in der Entwicklung stets voran. Während also im Juli mit 5proz. Alkohol injizierte Knospen sich sehr schlecht entwickelten, rief dieselbe Alkoholkonzentration, einen Monat später injiziert, die optimale Knospenentwicklung hervor. Am 9. September waren einzelne Sprosse bereits 3 cm lang und trugen gut entwickelte Blätter. Von den nicht behandelten Knospen ging aber keine einzige auf.

Quercus pedunculata. Einer kleinen Eiche wurden am 24. Juli alle Blätter abgenommen und die Knospen mit verdünntem Alkohol, Äther und reinem Wasser injiziert oder nur angestochen. Am 3. August war eine Entwicklung an Knospen, die gar nicht behandelt wurden, zu beobachten. Am 6. August hatten diese Knospen bereits kleine Blätter entfaltet, während die injizierten

1) In einer früheren Abhandlung nannte ich die Methode, durch Stich das Austreiben von Knospen hervorzurufen, das Stichverfahren. Nach den Erfahrungen bei *Tilia*, *Fagus* und bei noch weiter zu besprechenden Gewächsen scheint mir jedoch die Bezeichnung „Verletzungsmethode" wie sie WEBER, der gleichzeitig mit mir die Wirkung des Stiches in die Knospen beobachtet hatte, vorschlug, jedenfalls entsprechender, weil sie die verschiedenen mechanischen Verletzungsarten einschließt. Ich will künftighin die Bezeichnung Verletzungsmethode bei allen das Austreiben fördernden mechanischen Verletzungsarten anwenden, während Injektionen von Lösungen weiter als besonderes, auch bezüglich der Wirkungsweise mit der Verletzung nicht identifizierbares Verfahren aufgefaßt werden sollen.

und angestochenen Knospen durchweg zurückblieben. Von 35 angestochenen Knospen kamen nur 2 zur Entwicklung und von 20 mit 1 proz. Äther injizierten gingen nur 8 auf. Etwas vorteilhafter erwies sich die Injektion von 1 proz. Alkohol, denn von 20 Knospen trieben am 3. August 12 aus. Ich vermute, daß die Knospen, die bei der Eiche, mit Ausnahme der Terminalknospen, sehr klein sind, beim Einstich mit der Kanüle zu stark verletzt wurden, so daß der Trieb in der Knospe in den meisten Fällen vernichtet wurde. Bis zum 11. August, also in 16 Tagen, haben sich die ausgetriebenen Knospen — fast nur die nicht behandelten — so weit entwickelt, daß das Bäumchen vollständig belaubt war und außer durch die lichtgrüne Färbung der Blätter von den daneben stehenden Exemplaren kaum zu unterscheiden war.

Sorbus torminalis. Dem Bäumchen wurden am 28. Juli 130 Blätter abgenommen und 50 zerstreut auf den Ästen stehen gelassen, und darauf die Knospen mit 5- und 1 proz. Alkohol mit 1- und 0,1 proz. Äther und reinem Wasser injiziert. Keine einzige Knospe trieb aus, obwohl am 1. September auch noch die restlichen Blätter abgenommen wurden. Ein daneben stehender Strauch von *Sorbus torminalis*, am 28. Juli vollständig entlaubt, belaubte sich jedoch bis zum 27. August sehr schön, indem die mit 1 proz. und 0,1 proz. Äther injizierten Knospen am 5. August, die angestochenen und viele unbehandelten Knospen am 7. August austrieben.

Carpinus betulus, am 1. August entlaubt, erhielt in die Knospen Injektionen von 5 proz. Alkohol und reinem Wasser, während einige andere nur angestochen wurden. Die Entwicklung war keine rasche. Am 15. August öffneten sich die ersten Knospen, die mit 5 proz. Alkohol injiziert worden waren. Am 18. August folgten einige unbehandelte Knospen, es kam jedoch zu keinem allgemeinen Austreiben. Es ist nicht ausgeschlossen, daß, wie bei *Quercus*, auch die Knospen von *Carpinus* durch die Einführung der Kanüle stark beschädigt wurden.

Abgeschnittene und entlaubte Zweige von *Acer platanoides* und *Acer Pseudoplatanus* wurden am 4. August in Wassergläser gestellt und die Knospen durch Stich verletzt oder mit 1 proz. Alkohol injiziert. Am 15. August trieben die injizierten und am 17. August die verletzten Knospen beider *Acer*-Arten aus. Obwohl *Acer Pseudoplatanus* im Frühjahr normal einige Wochen später treibt als *Acer platanoides*, war im Herbst keine Verschiedenheit in der Zeit des Austreibens bei diesen beiden Formen zu bemerken. Es trieben jedoch nur die behandelten Knospen aus, die nicht behandelten blieben vollständig geschlossen.

Blütenknospen an abgeschnittenen und entblätterten Zweigen von *Forshylia suspensa* wurden am 5. August angestochen oder mit 1proz. Alkohol injiziert. Die Blütenknospen vertrockneten alle, wohl schlugen aber an der Basis derselben Blattknospen hervor.

Am 24. Juli wurde ein im Freilande stehendes *Syringa*-bäumchen entblättert und die Knospen mit 10-, 5-, 1proz. Alkohol und mit Wasser injiziert oder nur angestochen. Das Treiben stellte sich zuerst bei den mit Wasser injizierten Knospen ein, und zwar bereits am 27. Juli. 10- und 5proz. Alkohol wirkte nicht günstig auf das Austreiben der Knospen, während der Anstich und 1proz. Alkohol das Austreiben förderte. Die Verletzung wurde auch in ähnlicher Weise wie bei *Fagus*, nämlich durch Abschneiden der Knospenspitze, ausgeführt. Die so verletzten Knospen trieben aus, einzelne brachten sogar Blüten hervor, die Ende August 5 bis 8 cm lang waren. Von den nicht behandelten Knospen gingen einige auf, jedoch niemals Knospen an der Peripherie des Strauches.

Einem zweiten Fliederstrauch wurden am 24. Juli alle Blätter abgenommen. Am 6. August gingen einige mehr im Innern des Strauches sitzende Knospen auf, die Knospen an der Peripherie öffneten sich jedoch im Herbst 1911 nicht mehr. *Syringa* weist also die gleiche Erscheinung auf, wie wir sie bei *Tilia* kennen gelernt haben, nämlich daß Knospen, die im unteren Teile der Baumkrone, also mehr im Schatten lagen, früher und anfangs viel kräftiger austrieben als die Knospen an der Peripherie des Strauches.

Am 18. August entblätterter Fliederstrauch, dessen Knospen mit verdünntem Alkohol und Äther injiziert wurden, begann am 1. September zu treiben, und zwar entwickelten sich die mit 1proz. Alkohol injizierten Knospen am besten; 5proz. Alkohol war jedoch zu stark. Nicht injizierte Knospen rührten sich gar nicht. Aber auch die mit 1proz. Alkohol injizierten Knospen entwickelten sich nicht weit; die Blütenknospen öffneten sich, die Blütentrauben traten wohl noch heraus, sie wuchsen aber nicht weiter.

Am 4. September wurde ein *Syringa*-Bäumchen entblättert und wie in den vorigen Versuchen mit Alkohol, Äther und Wasser injiziert oder durch Stich verletzt. Nur Knospen, die mit 5proz. Alkohol injiziert worden waren, begannen am 15. September zu schwellen, die Entwicklung ging jedoch nicht weiter und sie verblieben in diesem Zustande auch, nachdem der Stock ins Warmhaus gebracht wurde. 1proz. Alkohol, Äther in 1- und 0,1proz.

Konzentration, Wasser, ebenso wie die Verletzung durch Stich und Abschneiden der Knospenspitze blieben vollständig wirkungslos.

Wie bei den Injektions- und Bäderversuchen im Winter (Ber. d. D. Bot. Gesellsch. 1912, Heft 2) zeigte sich auch hier, daß dieselbe Alkohol- oder Äther-Konzentration, zu verschiedenen Zeiten angewendet, eine ganz verschiedene Wirkung ausübt. Nur ist der Vorgang gerade umgekehrt, indem gegen den Spätherbst immer stärkere Konzentrationen, gegen das Frühjahr hingegen immer verdünntere Alkohol- und Ätherlösungen angewendet werden müssen, um einen günstigen Treiberfolg zu erzielen.

Literaturnachweis.

JOHANNSEN, 1. Das Ätherverfahren beim Frühtreiben. Jena 1900. 2. Über Rausch und Betäubung der Pflanzen. Naturwissensch. Wochenschrift 1902, Nr. 9.

JESENKO, 1. Einige neue Verfahren, die Ruheperiode der Holzgewächse abzukürzen. I. Mitteilung. Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Jahrg. 1911. Bd. XXIX, Heft 5, und II. Mitteilung 1912, Bd. XXX, Heft 2. 2. Das Frühtreiben mittelst Injektion, Stich und Alkoholbad. Österr. Gartenzeitung. Jahrg. 1911.

MOLISCH, Über ein einfaches Verfahren, Pflanzen zu treiben (Warmbadmethode). Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. Wiss. in Wien 1908, Bd. CXVII Heft 1 und 1909 Bd. CXVIII, Heft VI.

WEBER, Über die Abkürzung der Ruheperiode der Holzgewächse durch Verletzung der Knospen beziehungsweise Injektion derselben durch Wasser (Verletzungsmethode). Sitzungsber. d. Kais. Akad d. Wiss. in Wien 1911. Bd. CXX, Heft VI.

Erklärung der Tafel IX.

Fig. 1. *Tilia grandifolia.* Zweige von der Peripherie des Baumes. a) Wasser-, b) 1 proz. Alkoholinjektion; c) Stich. Die Entblätterung geschah am 24. Juli, die photographische Aufnahme am 9. August 1911.

Fig. 2. *Tilia grandifolia.* Schattenzweige am 24. Juli 1911 entblättert und injiziert: a) mit 1 proz. Alkohol, b) mit Wasser; c) und d) angestochene Knospen. Photographiert am 9. August 1911.

Fig. 3. *Syringa vulgaris.* a) und b) mit Wasser injiziert; die Knospe in b wurde durch den Anstich stark verletzt; c) Verletzung durch Abschneiden der Knospenspitze; d) und e) Injektion von 1 proz. Alkohol; f) Verletzung durch Stich. Beginn des Versuches am 24. Juli, photogr. Aufnahme der Zweige am 14. August 1911.

Fig. 4. *Fagus silvatica.* Bei a und b erfolgte die Verletzung am 30. Juli 1911 durch Abschneiden der Knospenspitze. c) Ohne Behandlung ausgetriebene Knospen. Photogr. am 20 August.

Sitzung vom 23. Mai 1912.

Vorsitzender: Herr L. WITTMACK.

Der Vorsitzende macht zunächst Mitteilung von dem am 16. April d. J. erfolgten Ableben des Herrn

Oekonomierates Dr. **Rud. Hesse**

in Marburg a. d. L. und gedenkt des schweren Verlustes, den die Gesellschaft durch den am 19. Mai d. J. erfolgten Tod

Ed. Strasburgers

in Bonn erlitten hat.

Die Anwesenden ehren das Andenken an die Verstorbenen durch Erheben von ihren Sitzen.

Als ordentliches Mitglied wird vorgeschlagen Herr

Häuser, Robert, cand. phil. in **Berlin NW 23,** Claudiusstraße 15 (durch P. CLAUSSEN und E. JAHN).

Als ordentliche Mitglieder werden proklamiert die Herren:

Mitlacher, Dr. **Wilhelm,** Professor in **Wien.**
Herrig, Friedrich in **Charlottenburg.**
Rabbas, P. in **Charlottenburg.**
Schroeder, Dr. **Dominicus** in **Göttingen.**
Bohutinský, Gustav, Professor in **Križevci.**

Herr PAUL MAGNUS legte einige Zweige von *Cheiranthus Cheiri* vor, die von *Peronospora parasitica* (Pers.) Tul. befallen waren. Diese *Peronospora* tritt in diesem Frühjahr epidemisch auf dem Goldlack im Botanischen Garten zu Dahlem auf, namentlich in

einem großen dicht mit Goldlack bepflanzten Beete nahe dem beim Museum gelegenen Eingange des Botanischen Gartens. Sie tritt aber auch in kleineren dort gepflanzten Gruppen des Goldlacks auf. Ihr Auftreten ist mannigfaltig, bald auf einzelnen Fruchtknoten oder kleinen Flecken auf Blättern oder dem Stamme, bald die Sprosse, namentlich die Blütensprosse weit durchziehend und mannigfache Krümmungen des Blütenstandes und der Fruchtknoten veranlassend. Vortragender hat dieses Auftreten schon 1894 in den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft S. (39)—(44) behandelt. Sehr interessant ist ihm dieses epidemische Auftreten auf *Cheiranthus Cheiri*. Vergebens suchte er in der Nähe die *Peronospora parasitica* auf anderen Cruciferen, namentlich auf *Capsella bursa pastoris*. Vergebens suchte er sie auf der *Cardamine pratensis* in der benachbarten Wasserpflanzen-Kultur; vergebens beim allerdings nur zweimal unternommenen schnellen Durchstreifen des Botanischen Gartens auf einer anderen Crucifere. So fand er sie z. B. nicht auf der in schöner Blüte stehenden *Iberis*, die er speziell darauf untersuchte, weil sie auch derbere kräftigere Blätter wie *Cheiranthus* hat. Dieses Fehlen der *Peronospora parasitica* in der Nachbarschaft des epidemisch befallenen *Cheiranthus-Cheiri*-Beetes und der kleineren davon getrennten Gruppen ist um so bemerkenswerter, als *Per. parasitica* häufig bei Berlin z. B. auf *Capsella*, *Alliaria officinalis*, *Sisymbrium*-Arten und andern Cruciferen auftritt. Dies legte dem Vortragenden den Gedanken nahe, daß es sich hier um eine biologische Race der *Peron. parasitica* handeln möchte, die sich dem *Cheiranthus Cheiri* angepaßt hat. Solche Racen sind namentlich bei Uredineen bekannt, und Vortragender hat sie 1894 in Hedwigia, Bd. XXXIII, S. 77—83 und S. 362—366 und 1895 im Botanischen Centralblatt, Bd. LXIII, Nr. 28/29 als „Gewohnheitsracen“ bezeichnet. Sie bilden den Übergang zu den biologischen Arten oder Unterarten, wie sie von ROSTRUP, ED. FISCHER und seinen Schülern, von KLEBAHN und ERIKSSON begründet sind. Eine solche Gewohnheitsrace möchte die auf *Cheiranthus Cheiri* epidemisch aufgetretene *Peronospora parasitica* auch sein.

Mitteilungen.

30. J. von Wiesner: Heliotropismus und Strahlengang.

(Mit vier Textfiguren.)

(Eingegangen am 6. Mai 1912.)

1. In einer kleinen Abhandlung, welche in diesen Berichten[1]) erschien, habe ich den Versuch gemacht, das Zustandekommen des positiven Heliotropismus im diffusen Tageslichte mit Rücksicht auf den Strahlengang festzustellen und zu erklären. Da sich unter natürlichen Verhältnissen der positive Heliotropismus im Tageslicht vollzieht, wurde die Behandlung dieses Problems besonders nahegelegt. Freilich war die Lösung gerade dieses Problems durch die Kompliziertheit des bei diffusem Tageslicht stattfindenden Strahlenganges einigermaßen erschwert. Jeder Punkt des bestrahlten Organs wird ja von unendlich vielen Strahlen getroffen, welchen je nach der Einfallsrichtung eine verschiedene Intensität zukommt.

Das Ergebnis dieser meiner Studien lautet dahin, daß die faktische Lage des im diffusen Tageslicht heliotropisch gewordenen Organs sich als Resultierende zahlreicher heliotropischer Einzelneffekte darstellt und daß dieses Organ bei aufrechter Anfangsstellung in einer Vertikalebene dem Lichte zustrebt, welcher im ganzen wirksamen Lichtfeld die größte Intensität zukommt.

Später hat sich HAGEM[2]) mit einer ähnlichen Frage beschäftigt; er untersuchte nämlich, welche Lage ein positiv heliotropisches Organ im künstlichen Lichte und bei zweiseitiger Beleuchtung mit Rücksicht auf den Strahlengang einnimmt. Er ging von meinem heliotropischen Photometerversuch[3]) aus, welcher

1) J. WIESNER, Über Heliotropismus, hervorgerufen durch diffuses Tageslicht. Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. XVI (1898), S. 58 ff.

2) O. HAGEM, Über die resultierende phototropische Lage bei zweiseitiger Beleuchtung. BERGENS Museums Aarbok. 1911, Nr. 3.

3) J. WIESNER, Die heliotropischen Erscheinungen. Denkschriften der Wiener Akademie der Wissenschaften. Bd. 39 (1878), I. Teil, S. 183 (Sep.-Abdr. S. 43).

lehrte, daß ein heliotropisch sehr empfindliches Organ, in der geraden Verbindungslinie zweier Flammen und in der Mitte zwischen beiden aufgestellt, genauer als das BUNSENsche Photometer zwischen der Lichtstärke beider Flammen unterscheidet, indem es sich jener Flamme zuwendet, welche die größere Intensität besitzt.

HAGEM änderte den von ihm bestätigten Photometerversuch sodann derart ab, daß er die Versuchspflanzen aus der Verbindungslinie der beiden Flammen hinausschob, wobei er fand, daß die heliotropische Bewegung weder nach der einen noch nach der andern Flamme hin stattfindet, sondern zwischendurch der resultierenden Strahlenrichtung der beiden Leuchtkörper folgt.

Nach meinen im diffusen Lichte vorgenommenen Experimenten konnte kein anderes Resultat erwartet werden. Es soll aber nicht unerwähnt bleiben, daß HAGEM in sehr instruktiver Weise nach einer dem Prinzipe des Kräfteparallelogramms entsprechenden Konstruktion die resultierende Lage der heliotropischen Organe ausfindig machte. Durch einen Versuch zeigte HAGEM auch, daß bei zweiseitiger (symmetrisch nach rechts und links gehender) Beleuchtung die heliotropische Bewegung das Organ nach einer relativ dunklen Stelle hin dirigieren kann. Auch dieser Versuch steht im Einklang mit meinen im oben zitierten Aufsatz ausgeführten Anschauungen.

2. Bei Abschluß meiner Arbeit war ich mir völlig klar, daß trotz des oben angeführten Ergebnisses — des zum ersten Male geführten Nachweises resultierender Wirkungen divergierender Strahlen beim Zustandekommen des Heliotropismus – das Problem doch nur zur Hälfte gelöst sei. Denn ich hatte wohl die Vertikalebene gefunden, in welcher bei diffuser Tagesbeleuchtung ein anfangs aufrechtes heliotropisches Organ sich zum Lichte krümmt; aber die Richtung ausfindig zu machen, welche das Ziel der heliotropischen Bewegung bezeichnet, war meine damals angewendete (photographische) Methode nicht ausreichend.

Es handelt sich also darum, den hellsten Punkt des diffus beleuchteten Lichtfeldes ausfindig zu machen. Denn diesem Punkte muß der Pflanzenteil folgen, wenn die heliotropische Zielrichtung erreicht ist. Wenn es sich darum handelt, einen Punkt am Himmel genau zu bezeichnen, so sucht man dessen „Azimut“ (Vertikalkreis) und dessen „Höhe“. Wenn ich diese in der Astronomie gebräuchlichen Ausdrücke auf unseren Fall — Aufsuchung des hellsten Punktes eines Himmelsstückes — anwende, so kann ich mit Rück-

sicht auf meine damals veröffentlichten Untersuchungen sagen, ich hatte das „Azimut“[1]) dieses hellsten Punktes gefunden; es erübrigt noch die „Höhe“ desselben ausfindig zu machen.

Es ist mir gelungen, einen einfachen Apparat herzustellen, mit dem man die Richtung des stärksten diffusen Lichtes eines bestimmten diffus beleuchteten Lichtareals eines Himmelstückes ausfindig machen kann. Ich habe diesen Apparat unter dem Namen Skioklisimeter[2]) früher schon beschrieben. Dieser Apparat leistet dem Pflanzenphysiologen gute Dienste, indem es mit demselben nicht nur gelingt, „Azimut“ und „Höhe“ der stärksten diffusen Beleuchtung festzustellen, sondern auch die im diffusen Tageslicht zustande gekommene heliotropische Zielrichtung zu finden und zu konstatieren, ob ein Blatt euphotometrisch ist, d. h. die Eigenschaft besitzt, sich senkrecht auf das stärkste diffuse Licht des ihm zufallenden Lichtareals zu stellen[3]).

3. Meine Studien über die Beziehung der Strahlenrichtnng zum Heliotropismus habe ich weiter fortgesetzt, auf die Erscheinung des euphotometrischen Charakters des Laubblattes ausgedehnt und die Ergebnisse dieser Untersuchungen in einer Abhandlung niedergelegt, welche unter dem Titel „Studien über die Richtung heliotropischer und photometrischer Organe im Vergleiche zur Einfallrichtung des wirksamen Lichtes“ in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften demnächst erscheinen wird.

In der vorliegenden kleineren Schrift will ich das Wichtigste aus meinen Untersuchungen über den Zusammenhang der Richtung der Lichtstrahlen mit der Erscheinung des positiven Heliotropismus kurz zusammenfassen.

Um den Zusammenhang zwischen der Richtung des wirkenden Lichtes und der hierdurch bedingten Orientierung der Pflanzenorgane erfassen zu können, ist es notwendig, die Beleuchtungsverhältnisse genauer zu analysieren, als es bisher geschehen ist.

---

1) Ich nehme den in der Astronomie gebräuchlichen Ausdruck „Azimut“ in beschränktem Sinne, soferne ich bezüglich des Vertikalkreises der stärksten Beleuchtung eine Orientierung im Weltraume nicht annehme. Mit Rücksicht auf die Kompaßpflanze und der Abweichung ihrer Blattlage vom Meridian könnte der Begriff „Azimut“ auch im vollen astronomischen Sinne in der Pflanzenphysiologie Verwendung finden.

2) J. v. Wiesner, Eine Methode zur Bestimmung der Richtung und Intensität des stärksten diffusen Lichtes eines bestimmten Lichtareals. Sitzungsber. der Wiener Akademie Bd. 119 (1910).

3) J. v. Wiesner, l. c. S. 608 ffd. (Sep.-Abdr. S. 10 ffd.). Der Apparat kann von Herrn Universitätsmechaniker Castagna (Wien, Physiolog. Institut) bezogen werden.

4. Um zu einem guten Überblick über die verschiedenen Beleuchtungsverhältnisse zu gelangen, welchen die Pflanzen in der Natur oder im Experiment ausgesetzt sind, erscheint es am zweckmäßigsten, zwischen natürlicher und künstlicher Beleuchtung zu unterscheiden. In beiden Fällen wird man aber darauf zu achten haben, ob die Beleuchtung durch parallele oder durch divergente Strahlen erfolgt. Es scheint mir nicht überflüssig zu sein, bei dieser Gelegenheit zu bemerken, daß Lichtstrahlen häufig als parallel angenommen werden, die aber, strenge genommen, nur eine Annäherung an Parallelismus darbieten, wie z. B. die Sonnenstrahlen, deren Divergenz durch die im Schatten der Bäume zustandekommenden Sonnenbilder so leicht zu veranschaulichen ist[1]).

5. Was den Strahlengang bei künstlicher Beleuchtung anbelangt, so möchte ich zunächst die Verhältnisse schildern, welche sich bei divergentem Lichte mit Rücksicht auf die Beleuchtung heliotropischer Organe ergeben. Man wird hier zu unterscheiden haben, ob die Beleuchtung durch einen Leuchtpunkt (praktisch genommen durch einen Leuchtkörper) oder durch zwei oder mehrere Leuchtpunkte erfolgt. Ich spreche in der Folge der Einfachheit halber von der Beleuchtung durch Leuchtpunkte und nicht von Leuchtkörpern. Es kommt die angenommene Beleuchtungsart der faktischen desto näher, je kleiner der Leuchtkörper und je größer dessen Entfernung von dem betreffenden Pflanzenteil ist.

Ich betrachte zunächst die Beleuchtung durch einen Leuchtpunkt (Fig. 1). Von einem Leuchtpunkte gehen unendlich viele Strahlen nach allen möglichen Richtungen aus. Aber nur ein Teil dieser Strahlen fällt auf den betreffenden Pflanzenteil. In Fig. 1 ist der Querschnitt eines zylindrisch gedachten heliotropischen Organs gezeichnet, welcher von dem Leuchtpunkt L bestrahlt wird. Die in den Punkten a und b den Querschnitt tangierenden Strahlen bilden die Grenzen der Beleuchtung. Da sie den Querschnitt nur tangieren, so muß ihre Wirkung (auch ihre heliotropische) gleich Null sein; und es ist schon von vornherein anzunehmen, daß von diesen Nullpunkten an die Wirkung der übrigen Strahlen sich immer mehr steigert und in dem Strahl LH ihr Maximum erreicht. Es ist klar, daß dieser Strahl — er soll später als Hauptstrahl näher charakterisiert werden — im Punkte c den Querschnitt am intensivsten beleuchtet. Es läßt sich auch durch das Experiment

1) J. WIESNER, Über die Veränderungen des direkten Sonnenlichtes beim Eintritt in die Laubkrone der Bäume. Sitzungsber. d. Wiener Akademie, Bd. 118 (1909).

zeigen, daß die Krümmung des heliotropischen Pflanzenteils in einer Vertikalebene erfolgt, welche den Hauptstrahl in sich aufnimmt, so daß also der Hauptstrahl für die Richtung des heliotropischen Pflanzenteils maßgebend ist.

Dieser Strahl (Hauptstrahl) besitzt eine Reihe von charakteristischen Eigenschaften. Er erreicht den Querschnitt unter allen denselben beleuchtenden Strahlen auf dem kürzesten Weg und er durchschreitet den Querschnitt in dessen größter Ausdehnung, indem

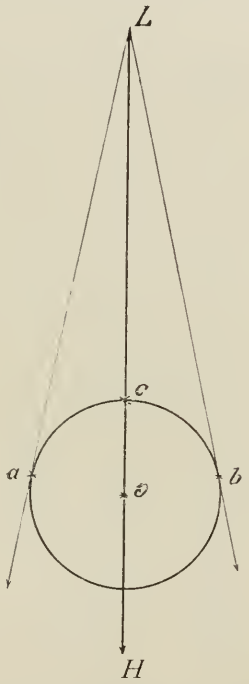


Fig. 1. Querschnitt durch ein heliotropisches, zylindrisch geformtes Organ, welches von dem Leuchtpunkt L bestrahlt ist. LH Hauptstrahl. La und Lb Grenzen der Nebenstrahlen.

er den Durchmesser seiner ganzen Länge nach durchstrahlt. Er erfährt unter allen durch den Querschnitt gehenden Strahlen die stärkste Absorption und die geringste Brechung. Daß der Hauptstrahl in der Berührung mit dem Querschnitt auf diesen mit seiner größten Intensität wirkt, ist schon gesagt worden. Es ergibt sich aus diesen Eigenschaften, daß an den beiden Schnittpunkten des in den Querschnitt eintretenden Hauptstrahls, welche einander gegenüber an der Licht- und Schattenseite des betreffen-

den Organs gelegen sind, die Differenz der Lichtintensität ihr Maximum erreichen muß.

In Fig. 2 ist schematisch die Bestrahlung des Querschnittes eines heliotropischen Organs durch zwei Leuchtpunkte dargestellt. Erfahrungsgemäß folgt das heliotropische Organ weder der einen noch der anderen Lichtquelle, sondern stellt sich in die Resultierende der beiden Hauptstrahlen.

Diesen Fall hatte HAGEM experimentell geprüft und hat dabei ganz richtig gefunden, daß der heliotropische Pflanzenteil nicht

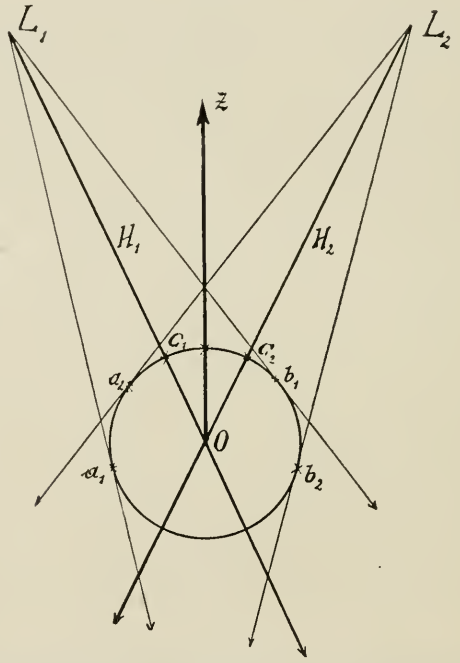


Fig. 2. Querschnitt eines heliotropischen, zylindrisch geformten Organs, welches von zwei Leuchtpunkten L_1 und L_2 bestrahlt ist. L_1H_1 und L_2H_2 Hauptstrahlen, L_1a_1 und L_1b_1 Grenzstrahlen bezüglich des Leuchtpunktes L_1. L_2a_2 und L_2b_2 Grenzstrahlen bezüglich des Leuchtpunktes L_2. OZ Resultierende der beiden Hauptstrahlen (L_1H_1 und L_2H_2). In der durch OZ gehenden Verticalebene bewegt sich das heliotropische Organ.

wie bei der Beleuchtung im diffusen Tageslichte der stärksten Beleuchtung, sondern einer geringeren Beleuchtung folgt. Es ist, wie schon oben auseinandergesetzt wurde, ganz erklärlich, warum bei zweiseitiger symmetrischer Beleuchtung (von rechts und links) der heliotropische Pflanzenteil einem schwächeren Lichte folgen muß.

Es kann nach diesen Auseinandersetzungen keiner Schwierigkeit unterliegen, sich klar zu machen, welche Richtung ein heliotropischer Pflanzenteil einschlagen wird, wenn er von einer größeren Zahl von getrennten Leuchtpunkten bestrahlt wird. Immer wird die Richtung dieses Pflanzenteils die Resultierende jener Effekte repräsentieren, welche von den einzelnen Leuchtpunkten ausgehen.

Es wird durch den Vergleich der Wirkung eines mit jener mehrerer Leuchtpunkte auf das heliotropische Organ klar geworden sein, warum es für unsere Zwecke erlaubt ist, statt der

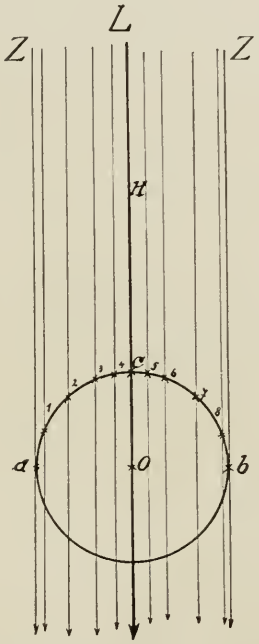


Fig. 3. Querschnitt durch ein heliotropisches, zylindrisch geformtes Organ, von parallelstrahligem Lichte beleuchtet, LH Hauptstrahl, Za, Zb Grenzstrahlen. Die Nebenstrahlen wurden der Einfachheit halber ohne Berücksichtigung der Brechung gezeichnet.

faktisch wirkenden (getrennten) Leuchtkörper theoretische Leuchtpunkte zu setzen. Die Abweichung des Strahlenganges bei Annahme eines Leuchtpunktes statt eines Leuchtkörpers übt auf das Resultat keinen wesentlichen Einfluß aus.

Fig. 3 stellt den Querschnitt eines heliotropischen Organs dar, welcher von parallelem Lichte bestrahlt ist. Unter allen auf den Querschnitt fallenden Strahlen ist nur einer, welcher den Querschnitt in seiner ganzen diametralen Ausdehnung durchschreitet.

Diesen Strahl darf man auch als Hauptstrahl bezeichnen, welcher für die heliotropische Richtung maßgebend ist, so daß sich dieser Fall (parallele Bestrahlung) dem allgemeinen Gesetze, daß die Richtung des Hauptstrahls für die heliotropische Lage maßgebend ist, unterordnet. Es liegt hier ja doch nur ein Spezialfall vor, in welchem der leuchtende Punkt in unendlicher Entfernung anzunehmen ist, wodurch der Parallelismus der Strahlen bedingt wird.

6. Beleuchtung der heliotropischen Organe im diffusen Tageslichte. Die natürlichen Beleuchtungsverhältnisse gestalten sich im Vergleiche zu den künstlichen äußerst verwickelt. Schon die Beleuchtung im diffusen Tageslichte schließt eine große Komplikation in sich, indem jeder beleuchtete Punkt von unendlich vielen in ihrer Richtung und Intensität verschiedenen Strahlen getroffen wird. Wäre zudem auf die Mitwirkung des direkten Sonnenlichtes Rücksicht zu nehmen, so müßte die Divergenz der Sonnenstrahlen und zudem die mit dem Sonnenstande sich fortwährend ändernde Richtung der Sonnenstrahlen in Rechnung gezogen werden

Ich habe aus Gründen möglichster Verständlichkeit darauf verzichtet, mit solcher Vollständigkeit die natürlichen Beleuchtungsverhältnisse zu schildern und nehme bloß auf das diffuse Tageslicht Rücksicht. Daß indes auch direktes Sonnenlicht[1]) und gemischtes Sonnenlicht[2]) heliotropische Bewegungen hervorrufen, habe ich früher schon nachgewiesen. Die hierbei stattfindenden komplizierten Beziehungen zwischen Strahlungsrichtung und heliotropischer Lage lasse ich hier außer Betracht und verweise bezüglich der hierbei stattfindenden tatsächlichen Verhältnisse auf die beiden eben zitierten Schriften.

Die Beleuchtung eines heliotropischen Pflanzenteils durch diffuses Tageslicht wird verständlich und ist mit den Ergebnissen bezüglich der Wirkung künstlicher Beleuchtung in Einklang zu bringen, wenn man die gewiß durchaus berechtigte Annahme macht, daß jedes Himmelstück, natürlich auch der ganze Himmel, durch unendlich viele Leuchtpunkte erhellt ist. Da von jedem Leuchtpunkt ein Hauptstrahl ausgeht, so gehen durch den Querschnitt eines diffus beleuchteten heliotropischen Pflanzenteils unendlich viele Hauptstrahlen. Jeder Hauptstrahl ist selbst wieder von unendlich vielen Nebenstrahlen begleitet.

---

1) Wiesner, Die heliotropischen Erscheinungen, l. c. II. Teil (1880), Sep.-Abdr. S. 69 ffd.

2) Wiesner, Die Stellung der Blüten zum Lichte. Biol. Centralbl. Bd. XXI (1901), S. 801 ffd.

Fig. 4 dient dazu, schematisch die Beleuchtung des Querschnitts eines heliotropischen Organs zu veranschaulichen.

Der dem diffusen Tageslichte ausgesetzte heliotropische Pflanzenteil wendet sich, wie ich schon in meiner Abhandlung aus dem Jahre 1898 auseinandersetzte, in der Vertikalebene stärkster Beleuchtung dem Lichte zu, und wächst, wie ich nun hinzufügen kann, wenn die heliotropische Zielrichtung erreicht ist, innerhalb der genannten Ebene ihrem hellsten Punkte entgegen. Diese Richtung wird aber auch hier dadurch erreicht, daß sich der betreffende Pflanzenteil in die resultierende Richtung stellt, welche sich aus dem Zusammenwirken der heliotropischen Einzeleffekte ergibt.

Auch hier, beim Heliotropismus, hervorgerufen durch diffuses

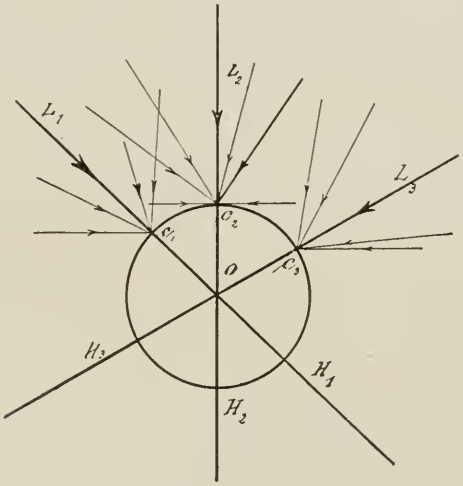


Fig. 4. Querschnitt eines heliotropischen, zylindrisch geformten Organs, von vorne durch diffuses Tageslicht bestrahlt. $L_1 H_1$; $L_2 H_2$, $L_3 H_3$ Hauptstrahlen. $c_1 c_2 c_3$ Schnittpunkte, von Hauptstrahlen und Nebenstrahlen beleuchtet. Von den unendlich vielen Haupt- und Nebenstrahlen wurden nur einige wenige in das Schema eingetragen.

Tageslicht, resultiert die faktische Lage des heliotropischen Organs aus den Richtungen der Hauptstrahlen.

Wendet sich der heliotropische Pflanzenteil gegen ein bestimmtes Himmelsstück, so fällt die hierbei eingeschlagene Richtung mit jener der stärksten Beleuchtung zusammen. Das ist in der Natur Regel, wovon man sich durch das Skioklisimeter leicht überzeugen kann. Im Experiment kann man es allerdings so einrichten, daß selbst bei diffuser Tagesbeleuchtung sich Abweichungen von der Richtung des stärksten Lichtes einstellen. Es hat bereits HAGEM einen Ver-

such gemacht, demzufolge bei zweiseitiger Beleuchtung im diffusen Tageslichte durch zwei Fenster, ein *Avena*-Keimling sich nach vorne gegen die dunkle Wand, welche die beiden Fenster trennte, kehrte. Einen komplizierteren Fall mit analogem Erfolg beschrieb ich in der oben genannten, im Drucke befindlichen Abhandlung. Dort zeigte ich auch, daß euphotometrische Blätter, von zwei Seiten her durch gleich starkes diffuses Licht beleuchtet, sich senkrecht auf die resultierende Lichtrichtung einstellen. In der Natur kommen, wie bereits angedeutet, ähnliche Richtungsverhältnisse nur als seltene Ausnahmefälle und zwar, wie ich bisher gefunden habe, nur in schwacher Ausprägung vor. —

Das Endergebnis der vorliegenden Untersuchung lautet dahin, daß für die Richtung eines positiv heliotropischen Organs die Richtungen jener Strahlen maßgebend sind, welche den ganzen (senkrechten oder geneigten) Querschnitt des Organs durchschreiten. Diese Strahlen wurden oben als Hauptstrahlen genau charakterisiert.

Ist nur ein Leuchtpunkt (Leuchtkörper) wirksam, so folgt der heliotropische Pflanzenteil direkt der Richtung des Hauptstrahls und damit der stärksten Beleuchtung.

Sind mehrere getrennte Leuchtpunkte (Leuchtkörper) wirksam, so stellt sich das Organ in die Resultierende der Hauptstrahlen.

Diesem Falle ist auch die Beleuchtung im diffusen Tageslichte unterzuordnen, wobei die berechtigte Annahme gemacht wird, daß unendlich viele Leuchtpunkte wirksam sind.

Unter natürlichen Beleuchtungsverhältnissen (im diffusen Tageslichte) und bei regulärer Beleuchtung von **vorn** folgt der heliotropische Pflanzenteil der Richtung des stärksten Lichtes.

Bei symmetrischer Beleuchtung der **Seiten** der Organe weicht dasselbe bei seiner heliotropischen Bewegung dem starken Lichte aus. Eine solche seitliche symmetrische Beleuchtung läßt sich im Experiment leicht herbeiführen. In der Natur kommt eine solche Beleuchtung selten, man kann sagen, nur ausnahmsweise vor und prägt sich nur schwach aus. Die Regel ist, daß ein positiv heliotropisches Organ im diffusen Tageslichte der Richtung des stärksten Lichtes folgt.

Da die Hauptstrahlen bei jeder beliebigen Intensität des Außenlichtes die unter den gegebenen Beleuchtungsverhältnissen stärkste Bestrahlung hervorzurufen vermögen und bei senkrechtem Einfall faktisch hervorrufen; da ferner durch sie die größte Differenz

in der Bestrahlungsstärke des Organs an seiner Licht- und Schattenseite gegeben ist, so erscheint es mit Rücksicht auf den hierbei erzielten heliotropischen Effekt berechtigt, in diesen Bestrahlungsverhältnissen die Art und Weise zu erblicken, wie das Licht in den Prozeß des positiven Heliotropismus eingreift.

„Hauptstrahl" im Sinne der obigen Darlegungen ist kein physikalischer, sondern ein physiologischer Begriff, welcher ein Richtungsverhältnis des Lichtstrahls zu einem lichtempfindlichen Organ ausdrückt und welcher eine Reihe bestimmter physikalischer oben schon vorgeführter Eigenschaften in sich schließt.

Ich möchte noch, um nicht mißverstanden zu werden, besonders betonen, daß nach meiner Ansicht nicht der Hauptstrahl, sondern die Richtung des Hauptstrahles für die Richtung des Organs maßgebend ist. Der Hauptstrahl bezeichnet eben jene Strahlungsrichtung, welcher die maximale Wirkung im ganzen von einem Lichtpunkte ausgehenden Strahlenbüschel zukommt. Es werden die Nebenstrahlen desto mehr zur Wirkung kommen müssen, je mehr sie dem Hauptstrahl genähert sind; und zudem ist die Richtung des Hauptstrahls die Resultierende der Richtungen der demselben Lichtbüschel angehörigen Nebenstrahlen.

---

31. O. Tunmann: Über Ferula Narthex Boissier, insbesondere über die Sekretgänge dieser Pflanze.

(Mit Tafel X.)

(Eingegangen am 10. Mai 1912.)

Im Sommer 1909 kam im Berner Botanischen Garten *Ferula Narthex* Boissier zur Blüte und Fruchtbildung. Die Liebenswürdigkeit des Herrn Prof. ED. FISCHER ermöglichte es mir, in Gemeinschaft mit Herrn VODA im TSCHIRCHschen Institut die Keimungsgeschichte und, soweit es das Material zuließ, auch die Entwicklung von Blüte und Frucht zu studieren [1]). Herrn VODA standen jedoch beim Abschluß dieses Teiles seiner Arbeit im November

1) Hierüber Näheres in der Dissertation von G. VODA, Anatomisch-entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen einiger pharmakognostisch wichtiger Pflanzen.

1910 nur kaum $^3/_4$ Jahr alte Pflänzchen zur Verfügung, so daß ich mich entschlossen habe, weitere Beobachtungen anzustellen, welche die früher gewonnenen Befunde ergänzen und vor allem weitere, nicht uninteressante Tatsachen beibringen.

Die Untersuchungen erstrecken sich in erster Linie auf die schizogenen Milchsaftgänge. Zuvor sei auf einige anatomische Fragen eingegangen.

Der Bau der Keimwurzel von *Ferula Narthex* ist folgender: die Bündelanlage ist diarch-tetrach, die sekundären Bündel sind regelmäßig im Kreise angeordnet und werden durch stärkeführendes Parenchym auseinander gehalten, welches auch den relativ mächtigen Holzkörper erfüllt. Die primären Gefäßplatten bleiben im Zentrum mehr oder weniger vollständig erhalten. Das Rhizom ist bei einem $^3/_4$ Jahr alten Pflänzchen in anatomischer Hinsicht von der Wurzel kaum zu unterscheiden. Anomalien sind nicht aufzufinden. GORIS[1]) hat nämlich den Bau des Rhizoms von *Scorodosma foetidum* Bunge an einem von MENTHIEN 1887 in Taschkent gesammelten Exemplar beschrieben. Der kurzen Mitteilung sind 2 Abbildungen von Querschnitten beigegeben. Der eine Querschnitt läßt ein wellenförmiges Kambium erkennen, weist aber im übrigen normale Verhältnisse auf, der andere zeigt 10, in Parenchym eingebettete, hadrozentrische Bündel. Auf die Entwicklungsgeschichte wird nicht näher eingegangen, doch sagt GORIS, daß die Bündel in gleicher Weise entstehen wie bei *Oenanthe*, wo sie von COURCHET[2]) beschrieben wurden. Wahrscheinlich kommen bei unserer *Ferula* die gleichen Anomalien vor, doch ist es bemerkenswert, daß bei einer $2^1/_2$jährigen Pflanze (die Fig. 1, Taf. X, in natürlicher Größe darstellt) noch nichts davon zu sehen ist Hingegen werden am Ende der ersten Vegetationsperiode unterhalb des Kotyledonarknotens die im Zentrum liegenden, primären Gefäßgruppen durch Korkmäntel eingeschlossen (Fig. 6).

Die Bildung der Korkmäntel scheint regelmäßig zu erfolgen. Sie wurde wenigstens an den wenigen Exemplaren, die mir Herr Obergärtner SCHENK überlassen konnte, an 1- und $2^1/_2$jährigen Rhizomen übereinstimmend festgestellt. Die gesamte zentral gelegene Gefäßgruppe nebst einigen angrenzenden Parenchymzellen wird von einem 6—8reihigen Korkmantel umschlossen.

---

1) A. GORIS, Structure de la racine du *Scorodosma foetidum* Bunge, Journ. de Pharm. et de Chim., 1901, 6 sér. XIII, S. 549.

2) COURCHET, Les Ombellifères, Montpellier 1882, auch H. SOLEREDER, Systematische Anatomie der Dikotyledonen, 1899, S. 479.

Der ganze Gewebekomplex innerhalb des Korkmantels ist von braunen Massen mehr oder weniger ausgefüllt. Relativ am wenigsten Füllsubstanz führen die Gefäße. Derartige Füllmassen bezeichnet man meist als Wund-Harz oder -Gummi. Ihr reaktionelles Verhalten läßt aber hier auch auf die Gegenwart von Fetten schließen. Durch Kochen mit alkoholischer Chloralhydratlösung werden Anteile herausgelöst.

Bei dem $2^1/_2$jährigen Exemplar war der Korkmantel etwa 1,5 mm hoch, hatte einen mittleren Durchmesser von 0,4 mm und legte sich mit seinem unteren Ende der Innenseite des Gefäßbündelringes an. Querschnitte unterhalb des Korkmantels zeigen ein völlig normales Rhizom Das Mark wird von einem Kranze kollateraler Bündel umgrenzt. Es kann somit als feststehend angesehen werden, daß die Bildung anomaler Bündel im Rhizom von *Ferula Narthex* erst nach dem 3. Jahre erfolgt. Auf welchen Ursachen aber das Ausschalten der primären Gefäßplatten durch Wundkork beruht, läßt sich mit Sicherheit an den 2- und 3jährigen Rhizomen nicht mehr ermitteln, da der Vorgang in der 1. Vegetationsperiode einsetzen muß; diese Gefäße gehen in die Kotyledonen. Möglicherweise üben die im Herbst absterbenden Kotyledonen von oben her einen Zug oder Reiz aus, während zur gleichen Zeit die Rhizombildung einsetzt, wobei die primären Gefäßplatten ebenfalls auseinandergesprengt werden. Jedenfalls ist das regelmäßige Auftreten stets an der gleichen Stelle interessant, denn Wundkork im Holzkörper von Wurzeln und Rhizomen ist bekanntlich keine seltene Erscheinung. Es sei nur daran erinnert, daß Wundkork von LANESSAN[1]) und HARTWICH[2]) in der Wurzel von *Althaea officinalis* beschrieben wurde und letzterer diesen bei *Urginea maritima* (L) Baker beobachtete. Über ähnliches berichtet KONINGSBERGER[3]) bei einer *Rheum*-Art u. a.

Ein anderer anatomischer Befund betrifft den Bau der Infloreszenzachsen und der Stiele der Einzelblüten. Die Stiele der männlichen Dolden und die der einzelnen Blüten zeichnen sich durch unverholztes Mark aus und durch das Fehlen festerer

1) I. L. de LANESSAN, Histoire des drogues d'origine végétale par F. A. FLÜCKIGER et D. HANBURY. Traduction de l'ouvrage anglais, 1878, Bd. I, S. 180.

2) C. HARTWICH, Eigentümliche Bildung von Wundkork in der Wurzel von *Althaea officinalis*, Schweiz. Wochenschr. f. Chem. u. Pharm., 1906, Nr. 10, und Archiv d. Pharm. 1889, S. 585,

3) I. C. KONINGSBERGER, Eine anatomische Eigentümlichkeit einiger *Rheum*-Arten, Bot. Ztg. 1893, Bd. LI, S. 85.

mechanischer Elemente. Zwar sind die Kollenchymbeläge ziemlich kräftig ausgebildet, doch fehlen Sklerenchymzellen gänzlich. Hiermit stimmt überein, daß die männlichen Dolden gleich nach dem Abblühen verwelken und herabhängen. Hingegen haben die Achsen der weiblichen Dolden und die Stiele der weiblichen Einzelblüten einen relativ schwächeren Holzkörper, der aber weit besser mechanischen Funktionen angepaßt ist. Der Bündelkreis wird durch Sklerenchym völlig geschlossen und auch das Mark der Blütenstiele verholzt schon vor der Befruchtung. Inflorenszenzachse und Blütenstiel werden im Verlauf der Fruchtbildung überwiegend durch mechanische Gewebe verstärkt und passen sich ihrer Funktion als fruchttragende Organe an. Da hierüber die Ansichten noch geteilt sind, so scheint mir *Ferula Narthex* ein geeignetes Versuchsobjekt für derartige Studien zu sein, ebenso jede Umbellifere mit analogen Blütenverhältnissen (Fig. 2 u. 3).

Größeres Interesse beanspruchen nun die Gummiharz führenden, schizogenen Sekretgänge. Verfolgen wir die Sekretgänge in der Keimpflanze. Sie erscheinen zuerst im Kotyledonarknoten und lassen sich von dort aus zunächst nach den Kotyledonen weiter verfolgen. Die ungestielten Keimblätter verwachsen an ihrer Basis zu einer Manschette, wie es Lamarlière[1]) für *Ferula glauca* und *communis*, sowie für einige andere Umbelliferen beschrieben hat. Jedoch findet bei *F. Narthex* niemals ein Verschmelzen der Seitenbündel statt; die zu den Keimblättern führenden Bündel stehen in 2 Gruppen gesondert. Die 6 Bündel werden von 6 Gängen begleitet. In der Keimwurzel setzt die Bildung der Gänge erst später ein. Eine 5 cm lange Wurzel zeigt 12 — 26, dem Phellogen angrenzende, primäre Gänge, die bald mehr oder weniger der Obliteration anheimfallen. Nach Übergang in den kollateralen Bau bilden sich die sekundären Gänge in den Phloëmstrahlen. Eine 5 Monate alte Wurzel führt 4 — 8 sehr enge, sekundäre Sekretgänge. Erst nach dieser Zeit setzt gleichzeitig mit dem sekundären Zuwachs eine beschleunigte Neubildung phloemständiger Gänge ein. In die ersten Laubblätter schließlich zweigen mit den 5 Nervenbündeln ebenfalls 5 Gänge ab und mit jeder Verzweigung der Bündel findet eine Teilung der zugehörigen Gänge statt. Anastomosen der Gänge waren nur im Kotyledonarknoten.

Die Präparate der Blütenachsen zeigten ebenfalls keine Anastomosen. Die Gänge verlaufen im Mark und in der Rinde

1) G. de Lamarlière, Sur la germination de quelques Ombellifères, Assoc. franç. p. l'avanc. d. sc., Marseille 1890, II, S. 480.

in fast gerader Richtung, auch Verzweigungen sind nur vereinzelt aufzufinden. Selbst im Knoten der Infloreszenzen sind Anastomosen selten. In den Blütenstielen und in der Blüte verlaufen die Sekretgänge ebenfalls in gerader Richtung. Den rudimentären Kelchblättern fehlen sie, im Blumenblatt folgt ein Gang dem Mittelnerv, in die Filamente tritt auch nur je ein Gang. Letzterer ist an der Basis der Filamente nur sehr schwer aufzufinden, nach oben hin erweitert er sich aber, wird besser sichtbar und endet im Konnektiv als blasige Auftreibung, wobei zuweilen Gabelung erfolgt. Die Gänge der Frucht gelangen ganz überwiegend in gleicher Zahl zur Ausbildung Ein Merikarp führt normal 13 Gänge. 5 rudimentäre Gänge sind in den Rippen, 3 davon in den Komissuralrippen (letztere fehlen in der Zeichnung von DRUDE[1]), 4 Gänge sind in den Tälchen (diese besitzen die größten Durchmesser) und 4 an der Kommissuralseite. Nur an letzterer findet, wenn auch nicht häufig, Gabelung statt, so daß sich die Gesamtzahl der Gänge auf 14 bis 15 erhöht. — Nach diesen Befunden sind Anastomosen nur in den Kotyledonarknoten und in den Knoten der Infloreszenzen zugegen, in ersteren reichlich, in letzteren spärlich.

Es gelang mir nun auch, an einer anderen Stelle Anastomosen aufzufinden und zwar im Rhizom. Auf ihr Vorkommen wies eine Verwundung hin. Zur Auffindung muß man größere Tangentialschnitte durchmustern. Um die Gänge an größeren und naturgemäß auch stärkeren Schnitten mit Sicherheit verfolgen zu können, bedient man sich des Hauptbestandteiles des Sekretes, der *Ferula*säure. Diese gibt mit Phloroglucinsalzsäure eine rote Farbenreaktion. Die Präparate werden daher mit Phloroglucinsalzsäure behandelt. Der Inhalt der Gänge wird leuchtend rot, natürlich färben sich auch die verholzten Membranen. Legt man jedoch die gefärbten Schnitte auf einige Tage in Glyzerin, dann ist die Holzfärbung stark abgeblaßt, während die Tropfen der *Ferula*säure in den Gängen ihre leuchtend rote Färbung behalten und sie selbst nach Wochen nicht verlieren[2]). Auf diese Weise ließen sich Anastomosen im Rhizom stets auffinden. Die ältesten der sekundären Gänge, welche am weitesten nach außen gedrückt sind, anastomosieren. Die nähere Prüfung der eben erwähnten Wunde

1) O. DRUDE, Die Umbelliferen in ENGLER-PRANTL, Pflanzenfamilien, III, 8. S. 101, Fig. 42b.

2) Ferulasäure kann durch direkte Mikrosublimation der Schnitte nachgewiesen werden. O. TUNMANN, Beiträge zur angewandten Pflanzenmikrochemie, GEHEs Berichte 1911, S. 160.

hatte noch ein anderes Resultat. Die Wunde war jedenfalls beim Umsetzen der Pflänzchen entstanden und war ungefähr ein Jahr alt. Nach dem Auflösen der großen Mengen eingetrockneten Milchharzes mit alkoholischem Chloralhydrat ließen die Tangentialschnitte nur ein schwaches Wundparenchym erkennen. Hingegen war die Wunde von ungemein zahlreichen Anastomosen umgrenzt. Vergleicht man die Präparate mit normalen Anastomosen mit jenen der Wundstelle, so muß man zu der Ansicht kommen, daß durch den Wundreiz zur Erzeugung von Wundsekret eine vermehrte Bildung von Anastomosen stattgefunden hat. Die in großer Zahl neu entstandenen Anastomosen sind sicher pathologische Bildungen. (Fig. 5.) Im vorliegenden Falle reichte die Wunde nicht bis zum Kambium. Ob die gleiche Erscheinung auch an den vegetativen Teilen eintritt, werden Versuche an den Blättern zeigen müssen. Doch ist zu beachten, daß im Rhizom bereits normalerweise Anastomosen vorkommen, was bei den Blättern nicht der Fall ist. —

Die sekretbildende, „resinogene“ Schicht ist an lebendem Material (1 — $2^1/_2$ jährige Pflänzchen) nur sehr schwer sichtbar zu machen. Es gelingt dies nur an mit konzentrierter Pikrinsäurelösung fixiertem Material. Wurde aus Präparaten des fixierten Materials das Sekret vorsichtig mit Alkohol herausgelöst, so trat die zarte Schicht in schöner Weise hervor. Sie teilt mit der resinogenen Schicht unserer einheimischen Umbelliferen die Fähigkeit, Pektinfarbstoffe aufzunehmen und sich mit Jodreagentien gelb zu färben, unterscheidet sich aber von ihr durch ihre Löslichkeit in Wasser. Diese wiederholt und übereinstimmend ermittelten Resultate standen nun gar nicht im Einklang mit den Befunden, die ich 1909 mit den lebenden Achsen der blühenden Pflanze, und zwar an Stücken von 1 — 2 cm Durchmesser erhalten hatte und über die sich in meinem Arbeitsbuch unter anderem auch folgende Notiz findet: „Resinogene Schicht, zähe, derb, gelbbraun, unlöslich in Wasser, Alkohol, Chromsäure, Schwefelsäure.“ Da nun ein frisch in Alkohol eingelegter Blütenzweig zur Verfügung stand, so ließ sich die Differenz aufklären. Das Resultat meiner Untersuchung sei gleich hier genannt. Die Nachprüfungen führten zur Auffindung von Auskleidungen und von Scheidewänden in den Gängen der vegetativen Teile. (Fig. 4.) Bisher sind Auskleidungen und Scheidewände nur in den Vittae der Umbelliferenfrüchte bekannt geworden.

Orientieren wir uns zunächst in Kürze über die Literatur unseres Gegenstandes. Die ersten Angaben über Scheidewände in den Vittae, welche die bekannte Fächerung dieser Sekretgänge bewirken, macht

TRÉCUL[1]); doch erst A. MEYER[2]) hat sich mit ihnen in grundlegender Weise beschäftigt. Nach diesem Forscher sind die Auskleidungen und die Scheidewände Ausscheidungsprodukte des Sekretes und unlöslich in Schwefelsäure, Chromsäure, Kalilauge, Eisessig, Chloroform und Terpentinöl. Durch Salpetersäure und Kaliumchlorat werden sie gebleicht. Infolge der Auskleidungen lassen sich die Vittae frei präparieren, indem man die mit Ammoniak gekochten Früchte bis zum Zerfall der Perikarpien mit SCHULTZEschem Macerationsgemisch erhitzt. Nach meinen Befunden weisen die derart frei präparierten Auskleidungen ein etwas abweichendes reaktionelles Verhalten auf. In chemischer Hinsicht stehen sie dem Suberin oder dem Cutin nahe und VAN WISSELINGH[3]) nannte die Substanz Vittin. Nach ihm enthalten die Vittinlamellen keine Zellulose, werden von verdünnter Chromsäure gelöst und geben die Cerinreaktion. Sie enthalten aber Pektinsubstanzen, und außerdem soll in den mittleren Partien der Querwände noch ein in Kalilauge leicht löslicher Körper auftreten, der die Cerinreaktion nicht gibt. Bei *Astrantia major* bestehen die Auskleidungen aus korkartigen Lamellen, die keine Phellonsäurereaktionen zeigen, sowie aus einer verholzten Lamelle. TSCHIRCH[4]) gedenkt ebenfalls der Auskleidungen und sagt: „Wenn man das Verhalten der inneren Haut und und das der resinogenen Schicht Reagentien gegenüber mit diesen Angaben vergleicht, so kommt man sofort zu der Überzeugung, daß WISSELINGHs Pektin der Schleimsubstanz der resinogenen Schicht und sein Vittin der inneren Haut entspricht, d. h. die Auskleidungen der Vittae Reste der resinogenen Schicht sind."

Bei *Ferula Narthex* ließ sich die Bildung der Auskleidungen und der Scheidewände an den 40 und 65 cm langen, Blüten und Früchte tragenden Achsen (getrocknetes und in Alkohol eingelegtes Material) gut verfolgen. Ergänzende Aufklärung gaben die lebenden 2- und $2^1/_2$jährigen Pflanzen, sowie das von Herrn Prof. ED. FISCHER gütigst überlassene Alkoholmaterial von jüngeren Blütenständen. Eine eingehende Darstellung der erhaltenen Reaktionen würde an dieser Stelle zu weit führen. Wir können

1) TRÉCUL, Des vaisseaux dans les Ombellifères, Ann. d. sc. nat., 1866, sér. 5, t. V, p. 290.

2) A. MEYER, Über die Entstehung der Scheidewände in dem sekretführenden, plasmafreien Interzellularraume der Vittae der Umbelliferen, Bot. Ztg, 1889, XLVII, S 341.

3) C. VAN WISSELINGH, Sur les bandelettes des Ombellifères, Arch. Néerland., 1895, XXIX, S. 199.

4) A. TSCHIRCH, Harze und Harzbehälter, 1906, S. 1129.

darauf um so mehr verzichten, da die Hauptreaktionen im wesentlichen mit den von A. MEYER bei den Vittae erhaltenen übereinstimmen. Auch entsinne ich mich, Querwände in den vegetativen Teilen unserer einheimischen Umbelliferen früher gesehen zu haben, freilich ohne sie näher zu beachten. Daher möchte ich diese Bildungen im Laufe des Sommers an einem größeren Material weiter verfolgen und hier nur die Resultate der Untersuchung bei *Ferula Narthex*, die nicht nur auf Reaktionen, sondern auch auf Messungen beruhen, in kurzer Zusammenfassung mitteilen.

Die Bildung der Auskleidungen und der Querwände ist eine Alterserscheinung. In den Gängen jugendlicher, wachsender Organe sind beide Gebilde nicht vorhanden. Beachtenswert ist, daß an der gleichen Achse unten (bei einem Durchmesser von 1 cm) Querwände gebildet sind, während sie weiter nach oben zu den Dolden hin fehlen. Ebenso fehlen Scheidewände in den Vittae, die in den reifen Schizokarpien nur Auskleidungen besitzen. Auskleidungen und Querwände sind aus flüssigen Sekretlösungen ausgeschiedene amorphe Membranen. Das Sekret kapselt sich gewissermaßen im Alter unter membranartigen Ausscheidungen auf kürzere oder längere Strecken ein, ähnlich wie es A. MEYER an einem Kapillarversuch mit Emulsionen geschildert hat (vgl. die Figur bei A. MEYER l. c. auf S. 365). Die Auskleidungen bestehen vorzugsweise aus den Ausscheidungen des noch flüssigen Sekretes, welche sich auf der resinogenen Schicht niederschlagen, die, wie wir sahen, bei *Ferula* ein ungemein empfindliches Gebilde ist. Die Querwände sind ausschließlich Ausscheidungen des Sekretes. Wie ferner vergleichende Messungen an Alkohol- und an getrocknetem Material ergaben, werden Auskleidungen und Scheidewände beim Trocknen der Pflanzenteile durch weitere Sekretausscheidungen verstärkt.

Während somit das Sekret in der resinogenen Schicht entsteht, verdanken Auskleidungen und Scheidewände ihre Entstehung dem Sekrete selbst, das gegen Ende der Vegetationsperiode hin nicht nur in der Konsistenz, sondern auch im Chemismus Änderungen erleidet. Es wird wasserärmer und reicher an zähen, schleimigen Anteilen.

Aus Vorstehendem ergibt sich, wie wichtig es für den Botaniker, noch mehr aber für den Chemiker ist, bei Sekretstudien das Vegetationsstadium der Pflanze zu berücksichtigen. Bei den schizogenen Gängen hat man an diesen Punkt noch nicht gedacht. Nur über die Pflanzen, die Ölzellen und Öldrüsen führen, liegen Erfahrungen von CHARABOT und seinen Schülern vor, die indessen

lediglich die Zusammensetzung der ätherischen Öle berücksichtigen. Von Seiten der Mikroskopiker ist zu den CHARABOTschen Arbeiten noch nicht Stellung genommen worden. Nur ich habe bei Studien über die Öldrüsen[1]) die Ansicht vertreten, daß die Veränderung im Chemismus der ätherischen Öle während der Vegetation ausschließlich im subcuticularen Raume der Drüsen erfolgt und nicht, wie CHARABOT meint, im Innern des pflanzlichen Organismus. Freilich ist dies nur eine Ansicht, doch hoffe ich, soweit es im Bereich der Möglichkeit liegt, dafür auch Beweise erbringen zu können, wenigstens deuten im Gange befindliche Untersuchungen darauf hin.

Die Änderung in der Zusammensetzung des Sekretes erstreckt sich aber nicht nur auf jene Bestandteile, die der Chemiker gewöhnlich untersucht, d. h. auf die harzigen und terpenhaltigen, sondern auch auf die sogenannten Beisubstanzen, von denen es noch fraglich erscheint, ob sie sämtlich und in welchem Maße bei der Gewinnung in die Handelsdrogen gelangen. Beziehungen zwischen Schleim und Balsamproduktion sind seit HANSTEINs Colleterenarbeit[2]) vielfach in der Literatur erwähnt. Über die Sekretzellen von *Cinnamomum Cassia* Blume sagte TSCHIRCH 1889[3]): „es scheint, als ob hier ein allmählicher Übergang des Schleimes in ätherisches Öl Platz greift, jedenfalls aber ein Wechsel im Inhalt stattfindet", und später wies derselbe darauf hin, daß Klima und Bodenbeschaffenheit von Einfluß darauf sind, ob die Schleimzellen zu vermehrter Ölbildung schreiten oder nicht. Ganz allgemein ist man aber der Ansicht, daß die Schleimbildung der „Harz"-Produktion vorausgeht. Diese Tatsache ist bei vielen Öldrüsen ohne weiteres erkennbar, denn die Abhebung der Kutikula im Anfange der Sekretion, wenn sich erst Spuren von ätherischem Öle gebildet haben, kann nur durch quellbare Substanzen bewirkt werden[4]).

Der Literatur zufolge soll somit bei Balsambehältern der Schleimbildung überwiegend eine Produktion harziger Anteile folgen, die, wie oben erwähnt, durch Kultur gefördert werden kann. Bei *Ferula Narthex* scheint nun gerade umgekehrt im Alter eine ver-

---

1) O. TUNMANN, Beiträge zur Kenntnis der Hautdrüsen, Ber. Deutsch. pharm. Ges., 1908, XVIII, S. 491.

2) J. HANSTEIN, Über die Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Knospen, Bot. Ztg., 1868, XXVI, Nr. 43—46.

3) A. TSCHIRCH, Angewandte Pflanzenanatomie, 1889, S. 201.

4) A. DE BARY, Vergleichende Anatomie, 1877, S. 93 u. folg., und O. TUNMANN, Über die Sekretdrüsen, Dissertation, Bern 1900, S. 49.

mehrte Bildung zäher schleimiger Anteile Platz zu greifen, die neben Fetten das Material für die Auskleidungen und für die Scheidewände liefern. Für diese Ansicht, nämlich daß im Alter vermehrte Schleimbildung stattfindet, möchte ich als treffendes Beispiel *Exogonium Purga* Benth. anführen. Bei dieser Pflanze sind die Sekretzellen in den Blättern und den Internodien während des Sommers ungemein arm an Schleim. Wenn wir aber die Sekretzellen im Spätherbst untersuchen, dann findet man den Inhalt, der übrigens im Gegensatz zu dem Sekret anderer Convolvulaceen nicht resorbiert wird[1]), sehr schleimreich. Ja, an der Basis des Stengels treffen wir in den phloemständigen Sekretzellen nur eine zähe der Membran anliegende Schleimschicht an, der nur sehr selten einige wenige Harztröpfchen aufgelagert sind. Diese Zellen schreiten demnach fast gar nicht mehr zur Harzbildung. Hiermit steht in Übereinstimmung, daß bei vielen Umbelliferen zur Zeit der Fruchtbildung das Sekret in den vegetativen Teilen eine andere Zusammensetzung hat als in den Vittae. Wir sehen also, daß die Wechselbeziehungen zwischen Harz- und Schleimbildung noch viel weiter gehen, als man bisher anzunehmen pflegte.

Es war oben gesagt, daß Messungen der Stärke der Auskleidungen und der Scheidewände darauf schließen lassen, daß sie beim Trocknen der Pflanzen, beim Austrocknen des Sekretes, einen Zuwachs erhalten. Es ist auch ganz erklärlich, daß beim Austrocknen des Sekretes eine Trennung der emulgierten Bestandteile erfolgt in Harze, Fette und Schleime. Vorzüglich Schleimmassen sind bekanntlich zur Hautbildung geneigt. Dieser Befund mahnt zur Vorsicht bei der Beurteilung der resinogenen Schicht. Schon früher konnte ich zeigen[2]), daß die Schicht beim Trocknen Veränderungen erfahren müsse, denn die Reaktionen, die ich bei fixiertem Material mit Farbstoffen und Jodreagentien erhielt, standen mit den von BÉCHERAZ angegebenen nicht völlig im Einklang; ich führte die Differenz darauf zurück, daß „BÉCHERAZ[3]) seine Untersuchungen in erster Linie auf die Feststellung des Entstehungsortes des Sekretes richtete“ und daher „sein Material

1) FR. CZAPEK, Zur Kenntnis des Milchsaftsystems der Convolvulaceen Sitzber. Wiener Akad., math.-naturw. Kl., C III, Abt. 1, Januar 1894, S. 31.

2) O. TUNMANN, Über die resinogene Schicht der Sekretbehälter der Umbelliferen, Ber. deutsch. pharm. Ges., 1907, XVII, S. 456.

3) A. BÉCHERAZ, Über die Sekretbildung in den schizogenen Gängen, Dissertation, Bern 1893, S. 10.

vor der Präparation bei 100 ° längere Zeit im Trockenschranke" aufbewahrt hatte. So empfiehlt es sich denn für die Zukunft, wenn wir die resinogene Schicht einwandsfrei nachweisen wollen, sie nur an lebendem oder allenfalls an mit Osmiumsäure oder mit Pikrinsäure fixiertem Material nachzuweisen und von der Benutzung von Drogen oder von getrocknetem Material am besten ganz abzusehen. Außerdem muß sie sich auch unbedingt an jungen Sekretbehältern nachweisen lassen.

Zum Schluß seien einige Bemerkungen über die biologische Aufgabe des Milchsaftes von *Ferula Narthex* gestattet. Wir können diesen und ganz allgemein den Milchsaft der persischen Umbelliferen in ökologischer Hinsicht nicht gleichstellen dem Milchsaft der Milchröhren, über dessen Funktion die Ansichten bekanntlich auch noch geteilt sind. Dem Milchsaft der *Ferula* fehlen plasmatische, also eiweißhaltige Bestandteile, auch Stärke und Zucker. Er besitzt allerdings außer den schleimigen Körpern Anteile von Fetten (Fettsäuren?, Myelinformen[1]), besteht aber zum größten Teile aus *Ferula*säure, die sicher Sekret und nicht Baustoff ist. Die Bildung der Auskleidungen und der Scheidewände in den basalen Achsen zur Zeit der Fruchtbildung deutet gleichfalls nicht auf eine ernährungsphysiologische Aufgabe des Milchsaftes hin. Wohl lassen sich häufig Korrelationen zwischen den Gängen und den Gefäßbündeln beobachten, aber nur im Mark und diese sind jedenfalls auf andere Ursachen zurückzuführen. Die Gänge haben im Mark das Bestreben das Phloëm möglichst beiseite zu drücken. Oft findet man Siebteile, die durch die Gänge völlig obliteriert sind. Da die Gänge mit ihrem unter hohem Druck stehenden Inhalt teils an relativ feste Markparenchymzellen, teils mehr oder weniger an das zartwandige Phloëm grenzen, so ist es einleuchtend, daß sie weit eher das Phloëm als die resisten Markzellen zusammendrücken können. Sie gelangen dadurch möglichst nahe an die Gefäßteile und erreichen in den langen, knotenfreien Blütenschäften einen besseren Halt.

Für die vegetativen Teile und für die Wurzel kommt dem Milchsaft die Bedeutung eines Schutzmittels zu. Aus dem oben mitgeteilten Fall geht diese Funktion ohne weiteres hervor. Auch für die Früchte ist der Milchsaft ein Schutzmittel. Läßt man

1) Fette kommen neben den ätherischen Ölen und dem Harze in vielen Sekretbehältern vor (O. TUNMANN, Über angewandte Pflanzenmikrochemie und neuere Untersuchungen auf diesem Gebiete, Verh. d. Naturf., Karlsruhe, II, 1, S. 312, Pharm. Post 1911).

Merikarpien unter der Glasglocke einige Tage auf feuchtem Fließpapier zum Keimen liegen, dann macht sich ein kräftiger Knoblauchgeruch bemerkbar. Bei den frei im Boden keimenden Früchten fällt der Geruch nicht so auf, ist aber immerhin noch wahrnehmbar, und es erscheint naheliegend, daß derart tierische Feinde abgehalten werden. Doch noch eine andere Aufgabe kommt dem Milchsaft der Früchte zu. Die Merikarpien sind angewiesen auf eine Verbreitung durch den Wind. Dafür spricht ihr geringes Gewicht (ein reifes Merikarp ist etwa 0,022 g schwer), sowie der schön ausgebildete Flugapparat[1]), der seiner ganzen Höhe nach von einem 60 μ weiten Luftsack durchzogen wird. Tritt bei Wasserzutritt Keimung ein, so ist gerade in der persischen Steppe in erster Linie eine hinreichende Befestigung am Boden erforderlich. Hierzu kann es kaum eine geeignetere Substanz geben, als das Sekret der Vittae. Beim Einlegen der Merikarpien in Wasser werden die Vittae leicht gesprengt und die Merikarpien bedecken sich mit einer klebrigen Gummiharzemulsion. Die Klebkraft dieser Masse ist so groß, daß an die Wand geworfene Früchte fest anhaften, selbst beim Eintrocknen nicht abfallen und sich nur mit Gewalt entfernen lassen. Ob das Fehlen der Scheidewände in den Vittae etwa mit der schnellen Mobilmachung des eingetrockneten Milchsaftes zusammenhängt, bleibe dahingestellt. Jedenfalls dient der Milchsaft der Vittae als Keimschutz in jeder Hinsicht, schützt vor Tieren, bewirkt Aufquellung, hält Feuchtigkeit zurück und befestigt die Merikarpien am Boden. Vornehmlich letztere Eigenschaft ist bei dem trockenen quarzhaltigen Boden der asiatischen Steppen von nicht geringer Bedeutung. Wahrscheinlich werden diese Verhältnisse bei den anderen persischen Umbelliferen die gleichen sein.

Erklärung der Tafel X.

Fig. 1. *Ferula Narthex* Boissier, $2^1/_2$jährige Pflanze vor dem Entfalten der Blätter. Nat. Größe.

Fig. 2. Querschnitt durch den Stiel der männlichen Dolde und der männlichen Einzelblüte. Die mechanischen Elemente (Kollenchym) sind schraffiert. Lupenbild.

Fig. 3. Querschnitt durch den Stiel der weiblichen Dolde und der weiblichen Einzelblüte. Die mechanischen Elemente (Kollenchym, Libriform) und das verholzte Mark sind schraffiert. Lupenbild.

---

1) An der Abbildung von Drude (Engler-Prantl, III) fehlt der Flugapparat, wahrscheinlich ist ein unreifes Merikarp abgebildet.

Fig. 4. Längsschnitt durch den Sekretgang einer 1,5 cm starken Achse. Der Gang besitzt Auskleidungen und Scheidewände. Sekret mit Alkohol, Äther, Chloroform und heißem Wasser gelöst.

Fig. 5. Tangentialer Längsschnitt durch eine Wunde in der Rinde des Rhizoms. Die Sekretgänge haben neue Anastomosen gebildet. Die Gänge mit dem Zeichenapparat aufgenommen, im übrigen schematisiert.

Fig. 6. Querschnitt durch den oberen Teil des Rhizoms. Die primären Gefäße durch einen Korkmantel eingeschlossen. Lupenbild.

---

32. V. Vouk: Über eigenartige Pneumathoden an dem Stamme von Begonia vitifolia Schott.

(Mit Tafel XI.)

(Eingegangen am 14. Mai 1912.)

Unter dem Ausdruck „Pneumathode“ faßt man bekanntlich alle verschiedenen Durchlüftungsapparate zusammen, von denen man nur wenige Typen unterscheidet. An primären Gewebearten sind es die Spaltöffnungen, an sekundären die Lentizellen und als besondere Typen die von KARSTEN und JOST untersuchten Durchlüftungsapparate an den Atemwurzeln der *Jussiaea*-Arten, ferner die von LEITGEB und SCHIMPER beschriebenen Pneumathoden einiger Orchideenwurzeln[1]). Gelegentlich beobachtete ich nun an dem Stamme von *Begonia vitifolia* Schott, einer in Brasilien einheimischen Art, Pneumathoden, welche sich, wie die spätere anatomische Untersuchung ergab, keiner der vorhandenen Typen einreihen lassen, vielmehr als ein besonderer Typus anzusehen sind.

An dem über 1 m hohen Stamme dieser Begonie kommen kleine, erhabene, warzenartige Bildungen vor, die jedermann auf den ersten Blick als Lentizellen ansehen würde, die sich jedoch bei näherer Betrachtung als grün erweisen und dadurch keineswegs Lentizellen sein können. Auch aus der beigelegten Photographie (Fig. 1) bekommt man den Eindruck, es handele sich hier bloß um Lentizellen.

Diese lentizellenartigen Bildungen finden sich ziemlich zahlreich — bis über 30 an einem Internodium — vor. Es sind runde, seltener längliche Warzen von 1 bis 2 mm im Durchmesser, die

1) G. HABERLANDT, Physiologische Pflanzenanatomie. 4. Aufl. 1909. S. 435.

sich durch ihre grüne Farbe vom braunen Korkgewebe des Stammes deutlich abheben. Ich habe nach der Durchmusterung von mehreren Exemplaren[1]) gefunden, daß diese Bildungen noch an den 10 bis 15 jüngsten Internodien grün und erst an den älteren Internodien größtenteils braun sind. Im allgemeinen fand ich auch, daß bei den jungen, kräftigen, 2—3 Jahre alten Exemplaren noch schöne grüne Pneumathoden vorhanden sind, während sie bei den vierjährigen und älteren Stämmen teilweise oder fast ganz braun waren. So viel über die äußere Morphologie, und jetzt betrachten wir den inneren anatomischen Bau.

An einem Flächenschnitte sieht man eine kraterförmige, meistens runde, seltener ovale, grüne, gewölbte Fläche, welche von einem Korksaum umgeben ist. Man erkennt sofort die Spaltöffnungen, und bei stärkerer Vergrößerung sieht man, daß diese samt den Nebenzellen ein normales Aussehen haben. Bezeichnend ist es, daß die Spaltöffnungen in der variierenden Anzahl von 10 bis 20 unregelmäßig und in verschiedenen Richtungen angeordnet sind, was man besonders bei der Anfertigung von Querschnitten merkt, da man selten einen schönen Querschnitt durch eine Spaltöffnung erhält. Die Epidermiszellen sind, von der Fläche gesehen, unregelmäßig polygonal.

Erst der Querschnitt gibt uns das klare Bild von dem Baue dieser Bildungen[2]).

Den anatomischen Bau der Pneumathode veranschaulicht Fig. 2. Sie ist nicht immer stark nach außen gewölbt, manchmal ist sie sogar sehr flach. An den Rändern ist sie von dem ziemlich stark entwickelten Periderm scharf abgegrenzt, das an zweijährigen Stämmen bis 10 Schichten von Zellen enthält und an ihren Rändern gegen die Epidermis der Pneumathode abgerundet ist. Die Charakteristika im anatomischen Bau sind folgende: Die Epidermis ist sehr zart gebaut und besteht aus kleinen, dünnwandigen Zellen mit fast ganz glatter Außenwand. Diese ist verhältnismäßig sehr dünn und auch nur teilweise mit einer sehr schwachen Kutikula bedeckt (Reaktion mit Sudan III). Die Epidermis ist chlorophyllos.

---

1) Diese *Begonia* wird im Gewächshause der biologischen Versuchsstation in Wien in Kultur gehalten und ich spreche hier den Leitern derselben Anstalt Herrn Prof. Dr. W. FIGDOR und L. v. PORTHEIM für die Überlassung des Materials meinen besten Dank aus.

2) Bei der Anfertigung von Querschnitten leistet das von K. PECHE empfohlene REICHERT-Mikrotom für das Schneiden uneingebetteter Objekte (Zeitschr. f. Mikroskopie 1912) sehr gute Dienste.

Die Spaltöffnungen sind mehr oder weniger erhaben. Die beiden Schließzellen bilden mit den spitzig entwickelten Vorsprungsbildungen einen ziemlich großen Vorhof mit breiter Eisodialöffnung, hingegen ist der Hinterhof mit der Opisthialöffnung kaum entwickelt. Wesentlich ist, daß die Atemhöhle ganz schwach oder gar nicht ausgebildet ist, und zwar sind es entweder die Parenchymzellen des Assimilationsgewebes (Fig. 5) oder die Nebenzellen selbst (Fig. 6), welche die Atemhöhle teilweise verschließen. Der Verschluß kann aber auch vollständig sein, so daß die Parenchymzellen direkt die Opisthialöffnung thylloid verstopfen (Fig. 4), wie dies zuerst MOLISCH[1]) bei *Tradescantia* beobachtet hat. Auch die Gelenke der Spaltöffnung sind weniger ausgebildet.

Das unter der Epidermis liegende Gewebe ist ein Assimilationsgewebe. Es besteht aus parenchymatischen, chlorophyllführenden Zellen mit verhältnismäßig schwach ausgebildetem Interzellularsystem. Die erste Zellreihe knapp unter der Epidermis ist palisadenartig ausgebildet. Außerdem befinden sich in diesem Gewebe besondere Sekretbehälter, welche FELLERER[2]) genau studiert, und da sie einen cystolithenartigen Charakter haben, unter dem Namen „Cystosphären" beschrieben hat. Das Assimilationsparenchym geht nach unten in das Gewebe der primären Rinde über. Das unter der Korkrinde befindliche Kollenchym fehlt gänzlich.

Wenn wir nach der physiologischen Funktion dieser Organe fragen, so drängt sich uns mit Rücksicht auf den anatomischen Bau der Gedanke auf, daß es sich hier um Pneumathoden handelt, wenn auch bei diesem Organe die wichtigsten Merkmale eines Durchlüftungsapparates nicht in voller Ausbildung realisiert sind. Die Spaltöffnungen sind zwar da, aber die Atemhöhle ist, wie wir gesehen haben, sehr schwach ausgebildet, sie kann sogar teilweise oder ganz verstopft sein, daher sind die Spaltöffnungen in ihrer Funktion wesentlich gehemmt. Damit will ich aber nicht gesagt haben, daß die Spaltöffnungen bei der Durchlüftung überhaupt nicht im Spiele sind.

Auch das Fehlen eines stark ausgebildeten Interzellularsystems könnte uns fast in Zweifel setzen, ob es sich hier überhaupt um Durchlüftungsapparate handelt. Wenn wir aber den

---

1) MOLISCH, H., Zur Kenntnis der Thyllen. Sitzungsberichte der kais. Akad. d. Wiss. Bd. XCVII. I. Abt. 1888.

2) FELLERER, C., Beiträge zur Anatomie und Systematik der Begoniaceen. Inaug.-Dissert. München 1892.

auffallend zarten Bau der Epidermis, die Dünnwandigkeit ihrer Außenwände, besonders aber die spärlich entwickelte Kutikula ins Auge fassen, so erscheint uns die Annahme plausibel, daß dieser zartwandigen Epidermis vielleicht eine andere Aufgabe als die eines Schutzorgans zukommt. Meiner Ansicht nach ist die Funktion dieser zartwandigen Epidermis die epidermoidale Durchlüftung. Durch die Dünnwandigkeit der Außenwände ist die Diffusion der Gase direkt durch die ganze Oberfläche der Epidermis ermöglicht. Es wird daher auch die etwas zurückgedrängte Funktion der Spaltöffnungen, sowie das schwach ausgebildete Interzellularsystem verständlich. Die Durchlüftung wird hier höchstwahrscheinlich nebst den Spaltöffnungen durch die ganze Oberfläche besorgt. Die Spaltöffnungen sind hier in ihrer vollständigen Ausrüstung kaum notwendig, und auch das wenig ausgebildete Interzellularsystem dürfte bei diesem epidermoidalen Gasaustausch genügen. Ich möchte deshalb diese zartwandige Epidermis, welche aller Wahrscheinlichkeit nach hier eine wichtige Rolle bei der Durchlüftung spielt, als Durchlüftungsepithel bezeichnen.

Wir haben also hier einen besonderen Typus von Pneumathoden vor uns, insbesondere in bezug auf das Vorkommen von primärem Gewebe neben dem sekundären. Bei den Begonien kommen fast allgemein an den Blättern und an den Blattstielen Spaltöffnungsgruppen in Form von weißen, länglichen Flecken vor. Möglicherweise entstehen die Pneumathoden des Stammes aus den Spaltöffnungsgruppen der einjährigen krautigen Stengel. Es wäre vielleicht auf diese Weise die Genesis der Stamm-Pneumathoden erklärt.

Ich habe bereits früher erwähnt, daß bei älteren 3—4jährigen Stämmen diese eigenartigen Pneumathoden verkorken. Das Periderm geht aber hier nicht von dem Phellogen des Stammes aus, sondern wird auf eine besondere Weise gebildet. An älteren, noch nicht ganz verkorkten Pneumathoden sieht man, wie die Korkbildung von mehreren Stellen der Oberfläche ihren Anfang nimmt. Die genauere Untersuchung zeigt, daß die Korkbildung knapp unter einer abgestorbenen Spaltöffnung beginnt. Die Spaltöffnung stirbt ab und die Nebenzellen beginnen sich zu teilen (Fig. 7). Diese Zellteilung nimmt mehr und mehr zu und geht dann auf die unteren Palisadenzellen über. Dasselbe erfolgt unter mehreren abgestorbenen Spaltöffnungen gleichzeitig, und schließlich wird die ganze Pneumathode mit der Peridermschicht überdeckt. — Wenn man abgeschnittene Stämme im Wasser stehen läßt, so sieht man nach einiger Zeit, wie die Pneumathoden anschwellen und später

sogar zerplatzen. Es können also diese Pneumathoden wie die gewöhnlichen Lentizellen zur Wucherung angeregt werden. Auch die mikroskopische Untersuchung dieser Pneumathodenwucherungen zeigt, daß das Anschwellen und Platzen die Folge einer hyperhydrischen Hypertrophie ist.

Es war natürlich wünschenswert zu konstatieren, ob diese eigenartigen Pneumathoden auch bei anderen stammbildenden Begonien vorkommen. Ich untersuchte diesbezüglich die Begonien im Gewächshause des k. k. botanischen Gartens der Universität in Wien und fand auch an einigen ähnliche Bildungen, jedoch aber bei keiner in so typischer Ausbildung wie bei *B. vitifolia*. Bei *Begonia aptera* Blume und *B. undulata* findet man am mehrjährigen, mit dicker Korkschichte bedeckten Stamme kleine, längliche, grüne Flecken, die aber gar nicht erhaben und gewölbt sind. Von der Fläche, unter dem Mikroskop betrachtet, sieht man unregelmäßig verteilte Spaltöffnungen. Ähnliche Bildungen beobachtete ich auch bei *B. scandens* Hort. und *B. argyrostigma*. Nach einigen Querschnitten von diesen Bildungen zu urteilen, scheint es, daß diese Pneumathoden doch nicht ganz identisch mit denen an *B. vitifolia* sind. Bei *B. undulata* kann z. B. von einem Durchlüftungsepithe nicht die Rede sein, da die Epidermis nicht zartwandig ist und auch eine deutliche Kutikula besitzt. Aus Mangel an genügendem Material konnte ich diese vergleichenden Untersuchungen vorläufig nicht zum Schlusse führen. Jedenfalls ist die Tatsache bemerkenswert, daß auch bei anderen mehrjährigen, stammbildenden Begonien die Spaltöffnungen als Ersatz für die Lentizellen am sekundär gebildeten Periderm vorkommen.

Zusammenfassung.

I. An dem Stamme von *Begonia vitifolia* Schott. fehlen am sekundären Hautgewebe die typischen Lentizellen und an Stelle dieser fungieren als Durchlüftungsapparate besondere aus primärem Gewebe bestehende Organe.

II. Diese Pneumathoden sind, wie ihre anatomische Untersuchung zeigte, charakterisiert durch das Vorhandensein

1. eines Durchlüftungsepithels, d. h. einer kleinzelligen, zartwandigen Epidermis mit kaum merkbarer Kutikula,
2. der Spaltöffnungen, welche eine minimal entwickelte oder gar keine Atemhöhle haben und welche sogar thylloid verstopft sein können,
3. eines Assimilationsgewebes mit schwach ausgebildetem Interzellularsystem.

III. Diese Pneumathoden sind nach dieser anatomischen Charakteristik als ein besonderer Typus zu betrachten, die den Gasaustausch nebst den Spaltöffnungen vorwiegend auf epidermoidalem Wege vermittelst des Durchlüftungsepithels besorgen.

Wien, pflanzenphysiologisches Institut der k. k. Universität.

Erklärung der Tafel XI.

Fig. 1. Photographie eines Stammstückes von *Begonia vitifolia* Schott. mit Pneumathoden. Nat. Größe.
Fig. 2. Querschnitt durch eine Pneumathode. (Vergr. 100.)
Fig. 3. Eine Partie des Querschnittes. D = Durchlüftungsepithel.
Fig. 4. Thylloide Verstopfung der Spaltöffnung.
Fig. 5. Normale Spaltöffnung mit schwach ausgebildeter Atemhöhle.
Fig. 6. Normale Spaltöffnung mit durch Nebenzellen verschlossener Spalte.
Fig. 7. Korkbildung unter einer abgestorbenen Spaltöffnung.
Fig. 3—7 Vergr. 550.

---

33. Bengt Lidforss: Über die Chemotaxis eines Thiospirillum.

(Eingegangen am 22. Mai 1912.)

Während die schwefelführenden Purpurbakterien schon wiederholt auf ihre chemotaktische Reizbarkeit geprüft wurden[1]), fehlen bis jetzt alle Angaben über das Vorkommen resp. die Beschaffenheit einer solchen Reizbarkeit bei den farblosen Schwefelbakterien. Mit Rücksicht auf die eigentümliche und noch nicht völlig aufgeklärte Sonderstellung, welche die letzterwähnten Organismen in ernährungsphysiologischer Beziehung einnehmen, wäre eine Ausfüllung dieser Lücke unseres Erachtens sicherlich erwünscht; denn wenn es auch keineswegs erlaubt ist, aus der chemotaktischen Reizwirkung eines Körpers ohne weiteres auf seinen Wert als

1) MIYOSHI, Studien über die Schwefelbakterien der Thermen etc. Journ. of the College of Science, Tokyo, Vol. X, Pt. II (1897); MOLISCH, Die Purpurbakterien (Jena 1907).

Nährstoff zu schließen, so steht es doch fest, daß im allgemeinen gewisse Beziehungen zwischen Nährwert und chemotaktischer Reizwirkung einer bestimmten Verbindung vorhanden sind. Nun ist es bekanntlich gerade in bezug auf die farblosen Schwefelbakterien, deren Reinkultur bis jetzt niemandem gelungen ist, noch immer eine offene Frage, ob sie gänzlich ohne organische Nährstoffe auskommen können. Letzteres ist ja bei den Nitromonaden sowie bei den von LIESKE kürzlich rehabilitierten Eisenbakterien sicher der Fall; in bezug auf die farblosen Schwefelbakterien, die nach den berühmten Untersuchungen WINOGRADSKYs[1]) ihre Bau- und Betriebsenergie in erster Linie durch die Oxydation des Schwefelwasserstoffs gewinnen, wurde WINOGRADSKY zu dem Schlusse geführt, daß sie außerordentlich wenig von organischen Substanzen zur Unterhaltung ihres Lebens brauchen und daß sie als Kohlenstoffquelle Substanzen benutzen können, welche das Leben anderer Organismen nicht zu erhalten vermögen. Über die chemische Qualität dieser organischen Verbindungen konnte WINOGRADSKY nichts bestimmtes aussagen, nur gelegentlich erwähnt er, daß Wasser der Weilbacher Schwefelquelle, worin farblose Schwefelbakterien sehr üppig gedeihen, kleine Mengen von Ameisen- und Propionsäure enthält, eine Angabe, die dann später in die Literatur Eingang gefunden hat.

Im vergangenen Winter bekam ich zufällig größere Mengen eines farblosen Schwefelbakteriums, das sowohl durch seine Größe als seine überaus lebhafte Bewegung geradezu zu chemotaktischen Versuchen aufforderte. Es war ein großes *Spirillum*, in dessen farbloses Plasma zahlreiche Schwefelkörnchen eingelagert waren; bei schwacher Vergrößerung resp. sehr rascher Eigenbewegung erschien der ganze Körper rotbraun, fast wie die Farbe frisch gefällten Kupferoxyduls; an abgestorbenen Individuen hob sich aber das farblose Plasma sehr scharf gegen die fast perlschnurartig eingelagerten Schwefelkörnchen ab. Makroskopisch bildeten die Spirillen eine weißgrauliche Trübung, welche durchaus keine Rotfärbung gewahren ließ, und stimmten also auch in dieser Beziehung mit dem von OMELIANSKI vor einigen Jahren beschriebenen *Thiospirillum Winogradskii* überein[2]); von dieser Art ebenso wie von dem von MOLISCH[3]) kürzlich beschriebenen *Spirillum granulatum* unterscheidet sich das von mir erhaltene Schwefel-*Spirillum* durch seine zahlreicheren (2—4) Windungen, wodurch eine gewisse Ähn-

1) Über Schwefelbakterien, Bot. Zeit. 1887, S. 489.
2) Centralbl. f. Bakt.- und Parasitenkunde, Abt. II, Bd. XIV, S. 769.
3) Centralbl. f. Bakt.- und Parasitenkunde, Abt. II, Bd. 33, S. 55—62.

lichkeit mit COHNs *Spirillum volutans* zustande kommt. Über die Zahl und Anordnung der Cilien kann ich leider keine Angaben machen, weil mir das Material auf einmal plötzlich und unerwartet abhanden kam; es kann deshalb keine Rede davon sein, den Organismus mit einem besonderen Namen zu belegen; sicher ist nur seine Zugehörigkeit zu der Gattung *Thiospirillum*, wie diese von OMELIANSKI l. c. gefaßt wird.

Mitte Februar trat das betreffende Schwefel-*Spirillum* in großer Menge in einem Gefäß auf, das mit Teichwasser (aus dem Institutsgarten), etwas Schlamm und überwinterten, teilweise abgestorbenen *Chara*zweigen angefüllt war. Nachdem das Gefäß etwa sieben Tage in einem warmen Zimmer gestanden und ein deutlicher Schwefelwasserstoffgeruch sich vernehmen ließ, war die Flüssigkeit von oben bis unten mit überaus lebhaft schwärmenden Thiospirillen gefüllt, während alle anderen Organismen zurücktraten. Dieser Zustand dauerte 8—10 Tage. Dann nahmen mit einmal die Infusorien überhand, und von jetzt ab war das *Thiospirillum* verschwunden; weder durch Zusatz von Gips, Einleiten von Schwefelwasserstoff oder sonstige Kunstgriffe wollte es gelingen, das kurz vorher so üppig gedeihende Schwefelbakterium wieder heraufzubeschwören. Wurden dagegen neue Kulturen mit Teichwasser, Schlamm und *Chara*fragmenten angestellt, so trat nach einigen Tagen das *Thiospirillum* wieder auf, um nach weiteren 8—10 Tagen ebenso pünktlich wieder zu verschwinden. Dies Verschwinden wurde unerwarteterweise ein definitives, als Ende März die Eisschicht, die vorher den Teich bedeckt hatte, abschmolz; nach diesem Zeitpunkt erwies es sich als absolut unmöglich, das *Thiospirillum* wieder zu bekommen, obwohl die verschiedensten Methoden, darunter natürlich auch die von WINOGRADSKY und MOLISCH zur Erlangung von Schwefelbakterien empfohlenen, zur Verwendung gelangten. Einen ähnlichen Mißerfolg hat übrigens auch OMELIANSKI mit seinem *Thiospirillum Winogradskii* gehabt. Möglich ist, daß das Verschwinden meines *Spirillums* auf dem Überhandnehmen der gefräßigen Infusorien beruhte, ebenso möglich ist aber auch, daß andere Einflüsse dabei wirksam waren.

Inzwischen hatte ich doch Gelegenheit gehabt, über die Chemotaxis meines *Thiospirillums* einige Erfahrungen zu machen, die teilweise von recht überraschender Natur waren, und trotz ihrer Lückenhaftigkeit sicher ein gewisses Interesse beanspruchen können. Bevor ich zu einer kurzen Darstellung der ermittelten Tatsachen übergehe, mögen einige Worte über die benutzte Methodik vorangeschickt werden.

Da im Laufe der Untersuchung eine erhebliche Menge von leichtflüchtigen Stoffen auf ihre chemotaktische Reizwirkung geprüft werden mußten, konnten die Kapillaren nicht gut durch Evacuieren resp. durch Erwärmen der Flüssigkeit gefüllt werden. Bekanntlich hat ROTHERT für solche Fälle eine Methode angegeben[1]), die aber ziemlich umständlich ist und tatsächlich auch umgangen werden kann, indem man — wie es übrigens schon MOLISCH getan hat — offene (nicht einseitig zugeschmolzene) Kapillaren verwendet. Für meine Zwecke habe ich dies Verfahren so modifiziert, daß ich ziemlich lange (5—10 mm) Kapillaren mit dem einen Ende in die zu prüfende Flüssigkeit hineintauche, und zwar nicht tiefer als es zum Aufsteigen der Flüssigkeit nötig ist; dann wird daß nasse Ende mit Fließpapier abgetrocknet, und die Kapillare ohne weiteres, aber vorsichtig in den Versuchstropfen gelegt (nicht geschoben). An beiden Mündungen, aber ganz besonders scharf am oberen, vorher trockenen Kapillarende bekommt man dann eine Ansammlung mit darauf folgender Einwanderung, falls die Verbindung überhaupt chemotaktisch wirksam ist. Wegen der schnellen Ausführung eignet sich diese Methode auch ganz gut für Versuche mit nichtflüchtigen Stoffen, doch muß man immer ziemlich dünne Kapillaren verwenden und ein Her- und Hinschieben der Kapillare im Versuchstropfen tunlichst vermeiden, weil sonst ein Verschieben der Flüssigkeitssäule eintreten kann.

Einen gewissen Vorteil gewährleistet — aus leicht ersichtlichen Gründen — die Methode mit offenen, gleichmäßig gefüllten Kapillaren ohne Luftsäule, wenn es sich um aërotaktisch empfindliche Organismen handelt, und wenn man, was ja bisweilen aus verschiedenen Gründen erwünscht sein kann, mit bedeckten Kulturtropfen operiert. Das uns interessierende *Thiospirillum* stellt nun, wie die meisten mit Eigenbewegung ausgerüsteten Schwefelbakterien, einen in aërotaktischer Beziehung exquisit empfindlichen Organismus dar: in Deckglaskulturen sammelt es sich immer in einer gewissen Entfernung vom Deckglasrande an und bildet hier einen grauweißen, makroskopisch gut sichtbaren Rahmen, dessen Lage je nach der Dicke der Flüssigkeitsschicht und der Anzahl der Bakterien etwas verschieden ausfallen kann, doch immer ein gewisses Stück (0,5—2 mm) vom Flüssigkeitsrand zurückweicht. In Deckglaskulturen mit lebenskräftigen Spirillen ist die aërotaktische Orientierung schon nach 10—15 Minuten makroskopisch

1) Über taktische Reizerscheinungen, Flora Bd. 88 (1901), S. 380.

sichtbar. Diese feine Empfindlichkeit gegen den Sauerstoffgehalt des Mediums bewirkt nun, daß besonders in bedeckten Kulturtropfen rein aërotaktische Ansammlungen innerhalb der Kapillare zustande kommen können, auch wenn man Kapillaren ohne Luftsäulen verwendet; von denjenigen chemotaktischen Ansammlungen, die im folgenden geschildert werden sollen, sind indessen diese aërotaktischen Erscheinungen schon wegen ihrer weit geringeren Intensität ziemlich leicht zu unterscheiden. Übrigens wurden fast alle im folgenden zu erwähnenden Versuche sowohl im offenen wie im bedeckten Tropfen mehrmals wiederholt.

Was nun die chemotaktische Reizbarkeit unseres *Spirillums* betrifft, so war ja mit Rücksicht auf die schon von MIYOSHI mit *Chromatium* und von MOLISCH mit verschiedenen anderen Purpurbakterien erhaltenen Resultate eine Empfindlichkeit gegen Schwefelwasserstoff recht wahrscheinlich. In der Tat wurden die Thiospirillen ziemlich energisch in die Kapillare hineingelockt, die eine 5—10fach verdünnte Lösung des von MERCK bezogenen Schwefelwasserstoffwassers enthielten; konzentrierte Lösungen wirkten, wie schon WINOGRADSKY gefunden, giftig; bei Verwendung von schwächeren Lösungen gestaltete sich die Ansammlung und das Endringen in die Kapillare ungefähr so, wie es MIYOSHI für sein *Chromatium Weissii* geschildert hat[1]).

Von bestimmtem Interesse ist, daß auch andere Schwefelverbindungen imstande sind, eine ebenso deutliche Anziehung wie H_2S zu bewirken. Dies wurde für Natriumthiosulfat ($Na_2S_2O_3$) und für Kaliumsulfhydrat (KSH) konstatiert. Mit der letzteren Substanz machte ich nur einige qualitative Proben mit verdünnten Lösungen, deren Konzentration nicht bestimmt wurde; die Anlockung war indessen über allen Zweifel erhaben. Aus den Versuchen mit Natriumthiosulfat mögen folgende den Vorgang illustrieren:

1 Mol. $Na_2S_2O_3$: im ersten Augenblicke eine starke Ansammlung vor der Kapillarmündung; nach etwa 30 Sekunden entsteht im Zentrum dieser Ansammlung, aber mit dem Innern der Kapillare verbunden, ein kreisrunder leerer Fleck, der sich ziemlich schnell erweitert, so daß eine ringförmige Ansammlung zustande kommt; auch der Ring wird innen weiter, bis schließlich von chemotaktischer Orientierung gar nichts zu sehen ist.

$^1/_{50}$ Mol. $Na_2S_2O_3$: nach 5 Minuten sehr ausgiebige Ansamm-

1) l. c. S. 161.

lung vor der Kapillarmündung; einige Spirillen dringen auch in die Kapillare hinein, wo sie ihre lebhaften Bewegungen fortsetzen.

$^1/_{100}$ Mol. $Na_2S_2O_3$: sehr rasches Eindringen in die Kapillare, in der bald eine ausgiebige Ansammlung zustande kommt.

Während also Schwefelwasserstoff, Kaliumsulfhydrat und Natriumthiosulfat sich als recht energische Chemotropica erwiesen, waren die Sulfate — es wurden Kalium- und Calciumsulfat in verschiedenen Konzentrationen geprüft — völlig wirkungslos gegenüber dem *Thiospirillum*, abgesehen davon, daß Kaliumsulfat bei Konzentrationen über $^1/_{20}$ Mol. eine deutliche Abstoßung, wahrscheinlich osmotaktischer Natur, bewirkte.

Das nämliche gilt auch für die anderen geprüften Mineralsalze. Die Chloride, Nitrate, Sulfate und Carbonate[1]) von Kalium, Natrium, Calcium und Ammonium waren bei niedriger Konzentration ($^1/_{25}$—$^1/_{50}$ Mol.) gänzlich wirkungslos, bei höheren ($^1/_{20}$--$^1/_{10}$) stellten sich deutliche Repulsionswirkungen ein. Das *Thiospirillum* verhält sich also in diesem Punkte wesentlich anders als das von MIYOSHI untersuchte *Chromatium*, das z. B. von 0,3 proz. Kaliumnitrat und 0,3 proz. Ammoniumsulfat deutlich angezogen wurde.

Von den geprüften Kohlehydraten erwiesen sich alle in chemotaktischer Beziehung völlig indifferent, dabei aber ziemlich giftig. Geprüft wurden Rohrzucker, Lävulose und Galactose in Konzentrationen von $^1/_{10}$—$^1/_{50}$ Mol., außerdem Dextrin in 0,1- bis 5proz. Lösung. In keinem Falle konnte irgendwelche deutliche Anziehung bemerkt werden, dagegen trat eine solche sofort ein, wenn eine H_2S-Kapillare in den Tropfen hineingelegt wurde. Die Giftwirkung trat besonders bei Lävulose (z. B. mit $^1/_{20}$ Mol.) und Rohrzucker (auch bei $^1/_{100}$ Mol.) sehr deutlich hervor.

Wie die Kohlehydrate erwies sich auch Mannit chemotaktisch wirkungslos, aber ziemlich giftig.

Ebensowenig bewirkte Pepton (in 1- und 10prozentiger Lösung) irgend welche Anziehung, wohl aber eine gewisse Repulsion aus, indem die Kapillaren auch in sehr bakterienreichen Versuchstropfen völlig frei von Spirillen blieben. Bei Verwendung von 0,2 proz. Pepton fand ein sporadisches und offenbar ganz zufälliges Eindringen statt; die Eindringlinge starben sofort.

---

1) Leider habe ich versäumt, die Wirkung der Phosphate rechtzeitig zu untersuchen.

Hämoglobin in 1prozentiger Lösung: chemotaktisch völlig wirkungslos, aber ohne ausgesprochene Giftwirkung. Analog verhielt sich Albumin und auch Asparagin.

Überblicken wir die soeben referierten Befunde, so sehen wir, daß Kohlehydrate, Eiweißstoffe, Pepton und Asparagin, welche für die gewöhnlichen heterotrophen Bakterien die besten Nährstoffe darstellen und demgemäß auf diese Organismen eine energische chemotaktische Reizwirkung ausüben, dem *Thiospirillum* gegenüber in dieser Hinsicht gänzlich wirkungslos sind. Durch WINOGRADSKYs Untersuchungen wissen wir ja auch, daß die erwähnten Substanzen die Ernährung der Schwefelbakterien eher beeinträchtigen als fördern: es besteht also hier — allerdings im negativen Sinne — zwischen Nährwert und chemotaktischem Reizvermögen ein Parallelismus, der aber ein bestimmtes Interesse gewinnt, wenn man die chemotaktische Reizbarkeit unseres *Thiospirillum* im ganzen berücksichtigt.

Im schroffsten Gegensatz zu der ausgesprochenen Gleichgültigkeit, die das *Thiospirillum* den Kohlehydraten und Eiweißstoffen gegenüber an den Tag legt, steht die überraschende Promptheit, womit unser Bakterium auf gewisse andere organische Verbindungen chemotaktisch reagiert. Es sind dies in erster Linie die einwertigen Alkohole der Fettreihe, ebenso die Ketone und Aldehyde (mit gewissen Ausnahmen) der aliphatischen Serie; ferner die zweiwertigen Alkohole und obwohl schwach, der dreiwertige Alkohol, das Glycerin; wirkungslos ist aber der vierwertige, Erythrit, wie auch das schon vorhin erwähnte sechswertige Mannit. Sehr stark positiv chemotaktisch wirken dagegen Äthyläther und Chloroform.

Von den fetten Säuren hatte ich leider nur Gelegenheit, Essigsäure und Milchsäure zu prüfen, diese gaben aber beide positive Ausschläge.

Von den aromatischen Verbindungen erwiesen sich Xylol und auch der einwertige Alkohol Phenol als sehr starke positive Reizmittel. Ähnlich, aber etwas schwächer, wirkten auch die Biphenole, Resorcin und Hydrochinon. Eine sichtbar schwächere, aber immerhin unverkennbare Anlockung bewirkte von den Triphenolen das Phloroglucin (die anderen Triphenole wurden nicht geprüft). Benzaldehyd bewirkte auch eine sehr energische Anlockung, während eine solche in Versuchen mit Benzoesäure gänzlich ausblieb.

Zur Veranschaulichung des Gesagten und als Belege mögen aus den Versuchsprotokollen folgende Einzelheiten mitgeteilt werden.

Äthylalkohol.

$^1/_5$ Mol. Sehr starke Anlockung, rasches Eindringen in die Kapillare, die in wenigen Minuten in ihrer ganzen Länge von lebhaft schwärmenden Spirillen gefüllt wird. Nach einer Viertelstunde wurden die eingedrungenen Spirillen, wahrscheinlich infolge von Sauerstoffmangel, bewegungslos.

1 Mol. Überaus lebhafte Anlockung, dabei aber auch Repulsionswirkung, so daß vor der Kapillarmündung eine mückentanzähnliche Ansammlung entsteht, die sich allmählich zu einer dichten Wolke konzentriert. Das Eindringen in die Kapillare geschieht aber äußerst langsam und nur sporadisch.

2 Mol. Momentane Ansammlung vor der Kapillare, aber kein Eindringen; besonders in jungen Kulturen ist die Ähnlichkeit mit einem regelrechten Mückentanz sehr frappant.

Bei Verwendung von höheren Äthylalkoholkonzentrationen (25—90 Volumprozent) entsteht immer eine momentane Ansammlung vor der Kapillarmündung, gleichzeitig erfolgt aber ein ziemlich rasches Eindringen in die Kapillare, so daß diese in wenigen Minuten in ihrer ganzen Länge von Spirillen vollgepfropft wird; unter Umständen entsteht schon in der Mündung ein so dichter Pfropfen von ineinander verflochtenen Spirillen, daß ein weiteres Vordringen mechanisch unmöglich wird. Sonst sind die Spirillen gegen kurze Einwirkung hoher Alkoholkonzentrationen auffallend resistent; an Kapillaren mit 90proz. Alkohol waren von den eingedrungenen Spirillen nach 4—5 Minuten die meisten noch lebendig. — Daß die Spirillen bei diesen hohen Alkoholkonzentrationen in die Kapillare eindringen, während sie von schwächeren (5—10proz.) Konzentrationen nur bis an die Mündung angelockt wurden, beruht wahrscheinlich darauf, daß im ersteren Falle eine Narkose eintritt, wodurch die apochemotaktische Tendenz aufgehoben wird, während dagegen die proschemotaktische noch persistiert. Daß es sich in diesem Falle um Aufhebung einer osmotaktischen Reizbarkeit handelt bei gleichzeitiger Erhaltung der chemotaktischen, wie es ROTHERT in einem Versuche mit *Bacterium Termo*[1]) erzielt hat, ist kaum anzunehmen, da der Äthylalkohol, wie plasmolytische Versuche gezeigt haben, momentan in die Bakterienzelle eindringt und demgemäß keine osmotaktische Reizwirkung ausüben kann.

1) Jahrb. f. wiss. Botanik Bd. 31 (1904) S. 25.

Bei Verwendung starker Alkoholkonzentrationen kommt es häufig vor, daß die Kapillarmündung schon im Anfange des Versuchs zugestopft wird, und es entsteht dann vor der Mündung eine dichte Ansammlung überaus lebhaft schwärmender Spirillen, die sich makroskopisch als ein weißgrauer Fleck bemerkbar macht.

Was die Reizschwelle für Äthylalkohol betrifft, so wechselt diese je nach dem Zustand der Spirillen innerhalb ziemlich weiter Grenzen. In älteren Kulturen waren die Spirillen öfters völlig unempfindlich gegen Äthylalkohol, wenn die Konzentration auf $^1/_{100}$ Mol herunterging. In jungen Kulturen veranlaßten $^1/_{100}$—$^1/_{200}$ Mol noch sehr ausgiebige Ansammlungen innerhalb der Kapillare, und auch wenn der Alkohol bis zu $^1/_{1000}$ Mol verdünnt wurde, entstand im ersten Augenblicke eine deutliche Ansammlung vor der Mündung, die sich aber bald lockerte, so daß ein Eindringen in die Kapillare nicht zustande kam. Bei $^1/_{2000}$ Mol waren niemals deutliche Resultate zu erzielen. — Wenn man bedenkt, daß z. B. die *Equisetum*-spermatozoiden noch sehr deutlich auf $^1/_{10000}$ Mol Äpfelsäure reagieren, so erscheint die Empfindlichkeit der Thiospirillen gegenüber einem so überaus kräftigem Reizmittel wie dem Äthylalkohol nicht besonders groß; indessen handelt es sich hier in erster Linie um ein Ausbleiben der Reaktion, und hierbei spielt vielleicht die überaus starke Eigenbewegung der Spirillen sowie auch ihre phobochemotaktische Reaktionsweise eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Methylalkohol.

1 Mol. Momentane Ansammlung vor der Mündung, aber fast kein Eindringen in die Kapillare. Nach 2—3 Minuten ist die Mündung verstopft von einem makroskopisch sichtbaren Pfropfen aus lebhaft schwärmenden Spirillen. Der Pfropfen dringt allmählich etwas weiter in die Röhre hinein, die Eindringlinge erscheinen während der ersten 15 Minuten ganz munter.

$^1/_{10}$ Mol. Lebhaftes Eindringen in die Kapillare.

$^1/_{100}$ Mol. Im ersten Augenblicke vielleicht schwache Anlockung, die aber bald nachläßt.

Isopropylalkohol. 1 Mol. Sehr starke Anziehung, lebhafte Ansammlung vor der Mündung, dann Propfenbildung; von den eingedrungenen sterben viele ziemlich rasch. — $^1/_{100}$ Mol. Ziemlich rasches Eindringen in die Kapillare.

Sek. Butylalkohol. $^2/_3$ Mol. Ungefähr wie Isopropylalkohol, aber Giftwirkung noch stärker.

Allylalkohol. 1 Mol. Vor der Kapillare sehr lebhafte, mückentanzähnliche Ansammlung; ziemlich starke Giftwirkung, so daß die Mehrzahl in der Kapillarmündung abstirbt.

Äthylenglukol. 1 Mol. Sehr schöne Chemotaxis, die Spirillen dringen sofort tief in die Kapillare hinein, wo sie ziemlich unbeschädigt bleiben. $^1/_{20}$ Mol. Ungefähr wie 1 Mol.

Glycerin. 1 Mol. Deutliche Proschemotaxis, aber nicht besonders ausgeprägt. Die Spirillen gehen in die Kapillare hinein, wurden aber hier sofort bewegungslos.

$^1/_{10}$ Mol. Anziehung sehr schwach, in manchen Versuchen gar keine.

Erythrit, $^1/_2$ und $^1/_6$ Mol. Keine Spur von chemotaktischer Reizwirkung.

Äthyläther, 5 %. Starke positive Chemotaxis, der Verlauf sonst völlig wie in den Versuchen mit 1 Mol Äthylalkohol.

Aceton. Die chemotaktische Reizwirkung dieser Verbindung stimmt in allen Einzelheiten mit derjenigen des Äthylalkohols überein. 1 Mol ruft starke Anziehung gleichzeitig auch Repulsionswirkungen hervor, $^1/_5$ Mol wirkt nur anziehend; die Reizschwelle liegt ungefähr bei $^1/_{1000}$ Mol.

Äthylaldehyd. Frisch destilliertes Äthylaldehyd bewirkte in $^1/_{10}$-Mol-Konzentration energische Proschemotaxis. Paraldehyd, das bekanntlich kein Aldehyd in eigentlichem Sinne ist, erwies sich völlig wirkungslos. Das nämliche gilt auch von Formaldehyd.

Chloralhydrat. 1 Mol. Eine überaus reichliche Ansammlung vor der Kapillare, schon nach 2 Minuten makroskopisch sichtbar, aber kein Eindringen. — $^1/_{20}$ Mol. Momentane Ansammlung, Eindringen auf eine kurze Strecke, nach 2—3 Minuten bei den Eindringlingen deutliche Schwächung der Bewegungen. $^1/_{100}$ Mol. Starke Anziehung, rasches Eindringen in die Kapillare, anfangs sehr lebhafte Bewegungen, die aber bald nachlassen.

Chloroform. Gesättigte wässerige Lösung: Anfangs keine sichtbare Einwirkung, nach einigen Minuten aber äußerst reichliche, makroskopisch sich als weißgrauer Fleck von 2 mm Durchmesser abhebende Ansammlung von lebhaft schwärmenden Spirillen; allmählich Giftwirkung. — $^1/_{25}$ Chloroformwasser. Momentane Ansammlung vor der Kapillare, aber unmittelbar vor der Mündung ein leerer Raum, der indessen bald verschwindet je nachdem die Ansammlung zunimmt und sich unmittelbar vor der Mündung konzentriert; dann Eindringen in die Kapillare, wo die Spirillen noch 10—15 Minuten munter bleiben.

Essigsäure. $^1/_{100}$ Mol. Deutliche Proschemotaxis; die Spirillen dringen in die Röhre hinein, sterben aber fast momentan, so daß in der Mündung bald eine Anhäufung von Leichen entsteht.

Milchsäure. Ein Tropfen auf 10 ccm Wasser. Deutliche Proschemotaxis, aber ziemlich starke Giftwirkung. Ein Tropfen auf 100 ccm H_2O: die Giftwirkung scheint jetzt aufgehoben, die Proschemotaxis macht sich aber sehr deutlich geltend; außerdem scheint die Milchsäure gewissermaßen excitierend auf die Spirillen zu wirken, denn einmal eingedrungen, bewegen sie sich in der Kapillare mit einer ungestümen Lebendigkeit.

Phenol. $^1/_{10}$ Mol. Überaus reichliche Ansammlung vor der Kapillare, auch massenhaftes Eindringen von Spirillen, die aber sofort der Giftwirkung des Phenols unterliegen. $^1/_{100}$ Mol.: momentanes und sehr reichliches Eindringen in die Kapillare, rasches Absterben.

Die beiden Diphenole Resorcin und Hydrochinon ($^1/_{10}$ und $^1/_{100}$ Mol) verhielten sich in bezug auf Chemotaxis und Giftwirkung ganz wie das gewöhnliche Phenol, nur war ihre Wirkung in beiden Beziehungen etwas schwächer. In noch höherem Grade gilt dies von dem Triphenol, dem Phloroglucin, das immerhin eine deutliche Proschemotaxis veranlaßte.

Benzaldehyd, gesättige wässerige Lösung. Sehr schöne mückentanzähnliche Ansammlung vor der Kapillare, aber erst allmähliches Eindringen. Giftwirkung nicht besonders ausgeprägt.

Mit Benzoesäure wurden keine sicheren Resultate erhalten.

Die bis jetzt mitgeteilten Beobachtungen sind ja nicht nur in quantitativer, sondern auch in qualitativer Hinsicht recht lückenhaft; besonders gilt dies von den Versuchen mit den Säuren der Fettreihe, von denen nur zwei, allerdings beide mit deutlich positiven Resultaten, untersucht wurden. Den Grund dieser Lückenhaftigkeit hat indessen der Leser schon erfahren, und da es recht fraglich ist, ob ich diesen merkwürdigen Organismus wieder in die Hände bekommen werde, habe ich die Mitteilung dieser immerhin recht bemerkenswerten Beobachtungen nicht unterlassen wollen.

Die Lückenhaftigkeit in quantitativer Hinsicht macht es nun leider unmöglich, auf eine Frage von großem Interesse einzugehen, diejenige nämlich, ob die verschiedenen Stoffe hier auch durch verschiedene Perceptionsakte wahrgenommen werden, oder ob z. B.

der Äthylalkohol und das Aceton identische Perceptionen auslösen. Indessen stößt die Entscheidung dieser Frage in diesem Falle auf kaum überwindbare technische Schwierigkeiten. Wenn es sich nämlich um so flüchtige Stoffe wie etwa Alkohol, Aceton und Aldehyd handelt, muß man unbedingt mit bedeckten Versuchstropfen arbeiten, und unter diesen Umständen sind immer die Bedingungen für eine aërotaktische Ansammlung in der Kapillare gegeben, falls man nämlich mit einem in aërotaktischer Hinsicht so empfindlichen Organismus wie dem *Thiospirillum* experimentiert. Ob die Kapillare eine Luftsäule enthält oder nicht ist gleichgültig, immer erhält man eine aërotaktische Ansammlung, falls die Anzahl der Spirillen im Versuchstropfen nicht allzu gering ist; in solchen Tropfen — mit sehr spärlichen Spirillen — läßt sich aber auch nicht die chemotaktische Reizschwelle bestimmen. Allerdings ist es, wenn es sich nur um die Feststellung qualitativer Reizwirkungen handelt, sehr leicht, eine unter optimalen Bedingungen stattfindende chemotaktische Reizwirkung von einer aërotaktischen zu unterscheiden; ganz anders gestaltet sich aber die Sache, wenn es sich um die Eruierung von Schwellenwerten handelt, und diese sind ja eine notwendige Voraussetzung für die Feststellung der Unterschiedsempfindlichkeit, die man wiederum unbedingt kennen muß, um die Sensibilitätsfrage zu entscheiden. — Dazu kommt, daß unser *Thiospirillum* gegen Schwankungen in der Zusammensetzung des Mediums offenbar sehr empfindlich ist, was sich hier natürlich auch als ein sehr lästiger Faktor geltend macht.

Einen Umstand, der im vorigen nur gelegentlich gestreift wurde, möchte ich noch hervorheben. Es ist die überaus deutliche phobochemotaktische (apobatische) Reaktionsweise, der dies *Spirillum* auszeichnet, und es zu einem vorzüglichen Demonstrationsobjekt machen würde —, wenn man es nur haben könnte. Es ist ein sehr fesselnder Anblick, wenn die wie Raketen an der Kapillarmündung vorbeischießenden Spirillen, oft wenn sie ziemlich weit vorbeigekommen sind, plötzlich haltmachen und sofort wieder in der entgegengesetzten Richtung vorbeisausen, dann wieder in immer kürzeren Bahnen zurückkehren, um schließlich, nachdem sie eine Zeitlang in dem vor der Mündung aufgeführten Mückentanz teilgenommen, in die Kapillare eingezogen zu werden.

In bezug auf die eingangs aufgeworfene Frage — ob die Aufhellung der chemotaktischen Reizbarkeit des *Spirillums* irgendwelche Anhaltspunkte in bezug auf die Ernährungsphysiologie abgeben könne — läßt sich vorläufig nichts sicheres sagen. Indessen wird man sich wohl schwer entschließen können, eine so aus-

geprägte chemotaktische Reizbarkeit wie die soeben geschilderte nur als ein biologisches Paradoxon zu betrachten; wahrscheinlicher ist wohl doch, daß hier wirklich ernährungsphysiologische Beziehungen bestehen, um so mehr, als mehrere von den in Frage kommenden Stoffen (Alkohole, Acetone und organische Säuren) unter den natürlichen Vegetationsbedingungen des *Thiospirillum* sehr wohl, wenn auch nur in Spuren, vorhanden sein können.

Schließlich möchte ich bemerken, daß die jetzt geschilderte chemotaktische Reizbarkeit sicher kein ausschließliches Monopol der betreffenden *Thiospirillum*-Art darstellt. So beobachtete ich z. B. sehr oft in meinen *Thiospirillum*-Kulturen einen kleinen, lebhaft beweglichen, schwefelkörnchenhaltigen Coccus, der das *Thiospirillum* auf seinen chemotaktischen Ausflügen regelmäßig begleitete. Aber auch unter den farblosen und durchaus schwefelfreien Wasserbakterien gibt es nicht wenige Arten, die eigentümliche Analogien zu der Chemotaxis des *Thiospirillums* aufweisen. Seit bald zwei Jahren kultiviere ich z. B. ein farbloses *Spirillum*, das ganz wie das *Thiospirillum* von Alkohol, Aceton, Aldehyd, Chloralhydrat usw. intensiv angelockt wird; anstatt aber auf Schwefelwasserstoff zu reagieren, zeigt es sich sehr empfindlich (im proschemotaktischen Sinne) gegenüber Kohlehydraten, Pepton und anderen „guten" Nährstoffen. Über die Reizbewegungen dieser Bakterien, die eine in biologischer Hinsicht ziemlich gut abgegrenzte Gruppe bilden, werde ich nächstens an anderer Stelle ausführlich berichten.

Lund, Botanisches Institut der Universität.

34. L. Wittmack: Holz vom Porträtkopf der altägyptischen Königin Teje.

(Mit 2 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 23. Mai 1912.)

Als 17. wissenschaftliche Veröffentlichung[1]) der um die Altertumskunde so hoch verdienten Deutschen Orientgesellschaft hat Prof. Dr. LUDWIG BORCHARDT in Cairo eine eingehende Studie herausgegeben, die den Titel trägt: „Der Porträtkopf der Königin TEJE im Besitz von Dr. JAMES SIMON in Berlin“ mit 4 Heliogravüren, 1 Doppellichtdruck, 42 Abbildungen im Text, Leipzig, J. C. HINRICHSsche Buchhandlung, 4°, 1911. Dieser Kopf ist eine der schönsten Arbeiten altägyptischer Holzbildhauerkunst. Er ist nur klein, kaum 9 cm hoch, mit dem auf dem Scheitel eingesetzten Holzpflock, der zum Befestigen eines Aufsatzes gedient haben mag, 10,7 cm. Das Gesicht, das an eine Nubierin erinnert, ist umwallt von einem dicken Mantel. Dieser Mantel oder Kopfputz erstreckt sich auch von der Stirn bis an den Hinterkopf.

Der Kopfputz besteht nach BORCHARDT l. c. p. 6 ff. aus zwei übereinander liegenden Trachten. Die untere ist nur über der Stirn, an 2 Stellen oben auf dem Kopfe und am Hinterkopf hinter dem Nacken sichtbar und besteht aus einer glatten weißlichen Haube (Kopftuch), welche die Haare vollständig verdeckt. Über dieser Haube sitzen die Reste eines weiteren Kopfputzes, einer großen Perrücke. Von ihr ist aber nur die Unterlage erhalten, diese besteht aus einer graubraunen aufgepappten Stoffmasse. Regelmäßige kleine Eindrücke auf ihr laufen in Reihen über sie fort. Sie rühren von kleinen Ringperlen aus blauem Glase her, welche, dicht an dicht mit einer Schmalseite nach außen aufgeklebt, die Löckchen der Perrücke wiedergaben.

Herr BORCHARDT brachte mir persönlich dies Kleinod, das durch seine Vermittelung Herr Dr. JAMES SIMON, der allezeit zu Opfern bereite Schatzmeister der Deutschen Orientgesellschaft, erworben hatte, und ersuchte mich, das Holz zu untersuchen. Bei

1) Auch bezeichnet: Ausgrabungen der Deutschen Orient-Gesellschaft in Tell El-Amarna, I. Als Einleitung: Der Porträtkopf der Königin TEJE usw. — Die Königin TEJE war die Gemahlin des Königs AMENOPHIS III., ca. 1400 v. Chr.

der Kostbarkeit des Gegenstandes durfte ich aber nur ein ganz kleines Splitterchen und zwar in seiner Gegenwart an einer unauffälligen Stelle am Halse abschneiden; doch das genügte. Die mikroskopische Untersuchung ergab, daß es ein Tangentialschnitt geworden war, der sehr deutlich Tracheiden mit einem Spiralband im Innern aufwies. Die Bestimmung war leicht, viel leichter als bei den meisten andern ägyptischen Hölzern, die ich im Laufe der Jahre zu untersuchen hatte. Es konnte nur *Taxus* sein. Das Kopftuch

Fig. 1. Die altägyptische Königin TEJE, 18. Dynastie, ca. 1400 v. Chr. Nach BORCHARDT „Der Porträtkopf der Königin TEJE." Taf. I

aber und der Zapfen auf dem Scheitel, sowie der Rest eines anderen sehr starken viereckigen Zapfens, auf den der Hals aufgesteckt ist, sind aus dem Holz von *Acacia nilotica*.

Herr Prof. BORCHARDT sagt in seiner Beschreibung (a. a. O. S. 9): „Der Kopf ist durchaus polychrom behandelt, aber die natürlichen Farben sind mit wenigen Ausnahmen nicht aufgemalt,

sondern durch das Material selbst erzielt. Der eigentliche Körper des Kunstwerkes besteht aus Eibenholz (*Taxus baccata*), das die Hautfarbe annähernd, vielleicht eine Nuance zu dunkel wiedergibt . . . Die Augäpfel sind aus weißem, die Pupillen und die Iris daran aus schwarzem harten (unbekannten L. W.) Material, die Wimpern aus völlig schwarzem Ebenholz. Die Augenbrauen sind aus Eibenholz eingelegt und schwarz übermalt gewesen . . . Das Stirnband war aus dünnem Goldblech . . . , die Haare waren durch dunkelblaue aufgereihte Glasperlen wiedergegeben. (Nach der Vorstellung der Alten hatten die Götter Knochen von Silber,

Fig. 2. *Taxus*-Holz vom Kopf der altägyptischen Königin TEJE, ca. 1400 v. Chr. Tangentialschnitt. Nach einer Mikrophotographie 60 : 1.

Fleisch von Gold, Haare von echtem Lapis lazuli). In der Ansatzfläche des Haubenzopfes kommt das Holz, welches das Kopftuch füllt, zum Vorschein. Es ist ebenso wie ein Zapfenrest, der in der Mitte der Fläche steckt, Nilakazie (*Acacia nilotica*). Der Zapfen im Scheitel ist aus gleichem Material." — Letzterer Zapfen diente, wie BORCHARDT annimmt, zur Befestigung eines zylinderischen Aufsatzes, wie ihn die Königinnen bei festlichen Gelegenheiten trugen.

*Taxus*holz hatte ich bisher noch niemals aus dem alten Ägypten gesehen und glaubte, es sei das erste Mal, daß es gefunden. Freund SCHWEINFURTH belehrte mich aber eines Besseren. Er sandte mir einen Aufsatz von Dr. G. BEAUVISAGE, Sonderdruck aus Annales d. l. Soc. bot. de Lyon XX 1895, betitelt: „Cerceuils pharaoniques en bois d' If." BEAUVISAGE hatte das Holz von 7 Särgen zu untersuchen, der eine war aus Sykomorenholz *(Ficus Sycomora)*, zwei andere bestimmt aus *Taxus*. Das Holz besaß kein Holzparenchym und keine Harzgänge, die Tracheen zeigten einreihige behöfte Tüpfel und im Innern ein Spiralband. Anfangs hatte BEAUVISAGE dennoch einige Zweifel; denn die Spiralen in dem antiken Holz waren sehr locker, während sie bei modernem Holz sehr eng, fast ringförmig verliefen. Das letztere war aber nur bei einem jüngeren (10—11jährigen) Holz der Fall. Als er Holz von einem alten Stamm untersuchte, fand er es genau so wie das antike.

Ich muß bemerken, daß bei dem Holz des Porträtkopfes der Königin TEJE auf Radialschnitten die Hoftüpfel erst bei starker Vergrößerung deutlich waren und dann eine schiefe, elliptische Tüpfelöffnung zeigten. Auf dem Tangentialschnitt sieht man sie gar nicht gut.

KARL WILHELM gibt in WIESNER, Rohstoffe des Pflanzenreichs, 2. Aufl., 2. Bd., S. 166, eine gute Abbildung des Eibenholzes und sagt u. a., daß es ehemals das gesuchteste Holz für Armbrustbogen war. Damit stimmt gut eine Angabe in Dr. M. R. BUCK, Oberdeutsches Flurnamenbuch, Stuttgart 1880, Verlag von H. KOHLHAMMER. Dort heißt es S. 54:

Eibe *(Taxus)*. Dieser Baum war vor Zeiten viel häufiger zu finden. Aus seinem Holz machte man die Bögen, daher in Oberschwaben die Armbrust heute noch die „Eibe" genannt wird. Althochdeutsch heißt die Eibe iwa.

Anmerkung. Die beiden Löcher oberhalb der Stirn der Königin und die zwei weißen Flächen darüber sind die Ansatzstellen für 2 nicht mehr vorhandene Uräen, d. h. 2 Königsschlangen, Naja Haje L., je eine für Ober- und Unterägypten. Sie waren das Symbol der königlichen Macht. An dem linken Ohrring sind ebenfalls 2 Uräen sichtbar.

Sitzung vom 28. Juni 1912.

Vorsitzender: Herr J. BEHRENS.

Der Vorsitzende macht Mitteilung von dem am 31. Mai d. J. erfolgten Ableben unseres Mitgliedes, des Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. med. et phil.

Wilhelm Blasius

in Braunschweig.

Die Anwesenden ehren das Andenken an den Verstorbenen durch Erheben von ihren Sitzen.

Ferner teilt der Vorsitzende mit, daß von der Academy of Natural Sciences in Philadelphia ein Dankschreiben für den ihr von unserer Gesellschaft zur Zentenarfeier gesandten Glückwunsch eingelaufen ist.

Als ordentliche Mitglieder werden vorgeschlagen die Herren:

Kubart, Dr. **Bruno**, Privatdozent f. Botanik und Assistent am Inst. f. systematische Botanik in **Graz** (durch K. LINSBAUER und K. FRITSCH).

v. Degen, Dr. **Arpad**, Direktor der Samenkontrollstation in **Budapest** (durch A. ENGLER und O. APPEL).

Kuntzen, Dr. **Heinrich**, Assistent am Zoologischen Museum Berlin in **Karlshorst**, Treskowallee 57 A (durch M. O. REINHARDT und E. JAHN).

Killian, Dr. **Karl**, in **Straßburg i. E.**, Ludwigshafener Str. 9 (durch L. JOST und H. KNIEP).

Sierp, **Hermann**, Kandidat d. höheren Lehramts in **Münster i. W.**, Staufenstr. 53 (durch F. TOBLER und A. HEILBRONN).

Schilling, Ernst, cand. rer. nat. in **Münster i. W.,** Schloßgartenrestaurant (durch F. Tobler und A. Heilbronn).

Späth, Dr. **Hellmut,** in **Berlin-Baumschulenweg** (durch W. Magnus und W. Wächter).

Hils, Dr. **Ernst,** Oberlehrer in **Berlin-Grunewald,** Siemensstr. 18 (durch W. Wächter und E. Baur).

Als ordentliche Mitglieder werden proklamiert Herr

Herter, Dr. **W.,** Professor in **Porto Alegre,**

und Frau

Reinsch, Olga, in **Prag.**

Mitteilungen.

35. A. v. Richter: Farbe und Assimilation.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 27. Mai 1912.)

Die Gesetzmäßigkeit in dem Zusammenhange zwischen der Summe der auf ein assimilierendes Blatt fallenden Radiation und der Arbeit der Photosynthese des Chromophylls wird für gewöhnlich durch die Engelmannsche Formel E abs=E ass ausgedrückt, nach welcher die Quantität der von dem Chromophyll absorbierten Energie in bestimmtem, direktem Zusammenhange mit der Energie der Assimilation stehen soll.

Timirjazev[1]) war der erste Autor, welcher diesen im theoretischen Sinne schon von Lommel[2]) ausgesprochenen Grundsatz begründete. Engelmann[3]) verallgemeinerte die Angaben Timirjazevs, indem er sie auf äußerst elegante Weise auf alle uns bekannten Chromophylle ausdehnte. In dem gleichen Sinne arbeiteten auch Reinke[4]) und Kohl[5]). Durch eine Reihe von Versuchen im

1) Timirjazev. Über die Assimilation des Lichtes durch die Pflanze. 1875 (russisch).

2) Lommel, E. Pogg. Ann. 1871, 143, p. 580.

3) Engelmann, Th. W. Bot. Zeit. 1881 — 1884.

4) Reinke, J. Bot. Zeit. 1882—5.

5) Kohl, F. G. Ber. d. d. Bot. Ges. Bd. XV. 1897.

gefärbten Lichte ist es mir[1]) gelungen, den Nachweis dafür zu liefern, daß die Höhe des photosynthetischen Prozesses in sehr inniger proportionaler Abhängigkeit steht von den durch das grüne Blatt bei den Bedingungen des Versuches absorbierten Quantitäten von Energie. KNIEP und MINDER[2]) haben kürzlich den Versuch unternommen, die gleiche Frage zu bearbeiten, sind aber leider auf halbem Wege stehen geblieben, indem sie nur die auf das Blatt fallende Energie quantitativ bestimmten. In neuester Zeit hat DANGEARD[3]) die ENGELMANNsche Formel durch eine Reihe biologischer Verfahren bestätigt.

Die oben angeführten Forscher haben es fast ausschließlich mit grünen Pflanzen zu tun gehabt. ENGELMANN allein hatte seine Beobachtungen auch auf Organismen mit anders gefärbten Plastiden ausgedehnt. Die Anwendung der bakteriellen Methode im Objektiv-Mikrospektrum gestattete dem genialen Forscher die Aufstellung eines für die in den verschiedensten Farben gefärbten Plastiden gemeinsamen Gesetzes der Photoabsorption und der Photosynthese. Er erhob alle die verschiedenartigen Neben-Pigmente zu dem Range aktiver Chromophylle. Gleichzeitig wurde auch der Grund für die Theorie der Farbenanpassung gelegt, durch welche die zonale Verteilung der Meeresalgen erklärt wurde und die durch die Versuche von GAIDUKOV[4]), wie es schien, eine energische Bestätigung erfahren hatte. Unter dem Einflusse dieser Theorie stehend, betrachtet STAHL[5]) das fundamentale Chromophyll des Pflanzenreiches — das Chlorophyll — als ein für die vorwiegend nützliche Radiation angepaßtes Pigment. BRUNNTHALER[6]) endlich benützt die ENGELMANNsche Theorie als Prüfstein für die Forschungen im Gebiete der Phylogenie der pflanzlichen Organismen.

Die LOMMEL-ENGELMANNsche These hat demnach eine überaus universale Anwendung erfahren, die aus derselben gezogenen Schlußfolgerungen haben eine außergewöhnliche theoretische Bedeutung erlangt und ein ebensolches Interesse hervorgerufen.

Und doch läßt sich unschwer erkennen, daß dieser ganze elegante und harmonische Aufbau auf verhältnismäßig schwacher Grundlage ruht: wenn nämlich für das Clorophyll die gegenseitigen Beziehungen zwischen seinen optischen Eigenschaften und seiner

1) RICHTER, A., Revue gén. Bot. T. XIV. 1902.
2) KNIEP, H. und MINDER, F. Zeitsch. f. Bot. Bd. I. 1909.
3) DANGEARD. Bull. Soc. bot. de France 56, 57.
4) GAIDUKOV, N. Ann. d. Abhandl. d. Preuß. Akademie d. Wissensch. 1902.
5) STAHL, E. Zur Biologie des Chlorophylls usw. 1909.
6) BRUNNTHALER, J. Biol. Centralbl. Bd. 31. 1911.

photosynthetischen Funktion auch auf eine Reihe verschiedenartiger experimenteller Ergebnisse begründet sind, so können doch alle unsere Kenntnisse im Gebiete der Chromophylle ausschließlich auf die Zahlen von ENGELMANN zurückgeführt werden, welche vermittelst einer zwar äußerst interessanten, allein nicht genügend nachgeprüften und wiederholten Methode erzielt worden sind.

Nachdem ich Dank der Unterstützung der Kaiserlichen Universität St. Petersburg und des Kaiserlichen Ministeriums der Volksaufklärung die Möglichkeit erlangt hatte, während mehrerer Monate des Jahres 1911 an der Zoologischen Station in Neapel zu arbeiten, benützte ich die reichen, von dem Direktor Herrn Professor Dr. DOHRN dem Arbeitenden in liberalster und liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellten Hilfsmittel des dortigen Chemischen Laboratoriums, um auf dem Wege direkter chemischer Analysen an die Frage über die Assimilation der Meeresalgen heranzutreten.

Mit größtem Dank erinnere ich mich an die liebenswürdige Hilfe des Herrn Laboratoriumsvorstand Dr. HENZE.

Die von mir gewählte Methodik war verhältnismäßig einfach. Die zu untersuchenden Algen wurden in ein großes Zylinderglas mit geschliffenem Deckel verbracht, welches bis zum Rande mit Seewasser von zuvor bestimmtem Sauerstoffgehalt angefüllt worden war. Die Insolation wurde in einem großen Aquarium mit Durchfluß ausgeführt, welches auf der inneren, den Sonnenstrahlen von oben zugänglichen Terrasse des Laboratoriums stand. Durch einen Wasserstrom wurde die Temperatur auf gleicher Höhe erhalten. Die Dauer der Insolation wurde in der Weise reguliert, daß der Gehalt des Sauerstoffs im Wasser die Grenzen seiner Löslichkeit nicht überstieg. Nach Beendigung des Versuches wurden rasch Wasserproben entnommen und der Sauerstoffgehalt des Wassers nach der WINKLERschen[1]) Methode bestimmt. Durch die Zunahme des Sauerstoffes wurde der Verlauf des Prozesses der Photosynthese angezeigt. Um die nötigen Korrekturen anbringen zu können, wurden die zu den Versuchen dienenden Algen in besonderen Mengen von Wasser auf die Atmung hin untersucht. — Viel schwieriger war es, die Werte der Absorption der Lichtenergie in jedem einzelnen Falle festzustellen. Um die mit der Extraktion der Chromophylle und der Bestimmung ihrer Absorption verbun-

1) WINKLER. Ber. d. d. Chem. Ges, 1888.

denen Schwierigkeiten und Irrtümer zu vermeiden, wandte ich die Methode parallel unter verschiedenen Bedingungen angestellter Versuche an. Der Insolation wurden stets Paare der verschieden gefärbten Algen unterworfen; der Verlauf der Sauerstoffabscheidung im Licht von verschiedener Farbe oder verschiedener Intensität mußte nun, meiner Voraussetzung nach, die für die Beurteilung der Gleichwertigkeit oder der Divergenz der photosynthetischen Eigenschaften ihrer Pigmente erforderlichen Daten ergeben. Um gefärbtes Licht zu erhalten, wurden farbige Flüssigkeiten verwendet[1]) u. zw. Lösungen von Kalibichromat (rotgelbes Filter), Lösungen von Kupferoxydhydrat in Ammoniak (dunkelblaues Filter) und Lösungen von essigsaurem Kupfer und Pikrinsäure in Wasser (grünes Filter). Alle Filter wurden spektroskopisch auf die Reinheit der durchgelassenen Lichtbezirke geprüft.

Ich muß hier daran erinnern, daß nach den Angaben von ENGELMANN[2]) in den Hälften des in Wellenlängen von 580 $\mu\mu$ eingeteilten sichtbaren Spektrums die grünen Zellen einen gleichen Assimilationseffekt ergeben (1 : 1), blaugrüne das Verhältnis 1 : 0,53, braune 1 : 1,18 und rote 1 : 2,48.

Die Intensität des Lichtes veränderte sich in Abhängigkeit von der Tageszeit, vom direkten Sonnenlicht bis zum zerstreuten Abendlicht, oder sie wurde durch eine verschiedene Anzahl über den zu insolierenden Gefäßpaaren angebrachter Bogen weißen Filtrierpapieres abgeschwächt. Dieses Papier absorbierte, wie eine vergleichende Untersuchung des Spektrums ergab, Strahlen von verschiedener Wellenlänge in fast gleichem Maße.

Für die ersten Versuche wurden litorale Formen verwendet.

I. Versuch.

Relative Assimilation einer grünen Alge *Ulva Lactuca* und einer roten *Gracilaria compressa*. (Beide von der Uferzone.) Die Zahlen sind auf Atmung korrigiert.

	Sonne, 2 Bogen Papier.	Sonne, gelbes Filter, 2 Bogen Papier.	Sonne, blaues Filter, 1 Bogen Papier.
Ulva schied O^2 aus[3])	36,00	26,42	11,56
Gracilaria	25,83	15,46	4,86

1) NAGEL. Biol. Centr., 1898.

2) ENGELMANN: TH. W. Bot. Zeit. 1883.

3) In cm^3 der $^1/_{100}$ N Hyposulfitlösung ausgedrückt. 1 cm^3 meiner Lösung entsprach 0,05939 cm^3 O^2. Alle Größen beziehen sich auf 60!

Nehmen wir die Höhe der Assimilation mit weißem Lichte = 100 an, so erhalten wir:

	Weißes Licht	Gelbes Licht	Blaues Licht
Ulva	100	73	32
Gracilaria	100	59	19

II. Versuch.

Dieselben Algen. Zerstreutes Licht (weiße Wolken).

	Weißes Licht	Gelbes Licht	Blaues Licht
Ulva	36,90 (100)	24,43 (66)	2,45 (6,6)
Gracilaria	24,54 (100)	20,20 (82)	0,88 (3,7)

III. Versuch.

Dieselben Algen. Sonnenlicht.

	Weißes Licht, 2 Bogen Papier	Gelbes Filter, 1 Bogen Papier	Blaues Filter, 1 Bogen Papier
Ulva	106,59 (100)	97,14 (91)	27,98 (26)
Gracilaria	104,01 (100)	92,60 (89)	8,32 (8)

Die hier mitgeteilten drei Versuche zeigen uns, daß intensiv grüne und intensiv rote Algen die Assimilationsenergie bei dem Übergange vom weißen zum rotgelben Filter im wesentlichen ganz übereinstimmend abändern. Die Schwankungen nach beiden Richtungen werden in dem dritten Versuche fast vollständig ausgeglichen und entsprechen in keiner Weise der aprioristischen, auf den Angaben von ENGELMANN begründeten Vorstellung von der überwiegenden Arbeit des grünen Pigments in diesen Strahlen, im Vergleiche mit dem roten Pigment. Wie aus den Versuchen hervorgeht, hat das blaue Licht die Photosynthese der roten Alge im Vergleich mit der grünen in keiner Weise erhöht, wie man wohl hätte erwarten können, sondern dieselbe vielmehr schroff herabgesetzt. Angesichts dieser in einer ganzen Reihe von Versuchen festgestellten deprimierenden Wirkung des blauen Lichtes ging ich zu einem anderen Filter über, und zwar zu dem grünen, welcher als komplementär in bezug auf die Färbung der Floridee, meiner Berechnung nach besonders deutliche Resultate ergeben mußte.

IV. Versuch.

Litorale Algen: *Ulva Lactuca* und *Plocamium coccineum*. Sonne.

	Weißes Licht, 4 Bogen Papier	Grünes Filter	Blaues Filter
Ulva	67,73 (100)	23,36 (35)	36,11 (53)
Plocamium	50,15 (100)	18,41 (36)	6,24 (12)

V. Versuch.

Litorale Algen: *Ulva Lactuca*, scharlachrote Floridee *Plocamium cocerneum* und *Gigartina Teedii*, die fast gänzlich grün geworden ist. Zerstreutes Licht.

	Weißes Licht	Grünes Licht
Ulva	63,35 (100)	16,33 (24)
Plocamium	28,86 (100)	6,35 (22)
Gigartina	49,71 (100)	11,57 (3)

Wir beschränken uns darauf, aus der Reihe übereinstimmender Versuche zwei derselben anzuführen. Alle weisen darauf hin, daß der Verlauf der Photosynthese bei den grünen Formen in seiner Intensität sich in gleicher Richtung, ja sogar in gleichem Grade verändert wie der Verlauf des gleichen Prozesses bei den rotes Chromophyll enthaltenden Organismen. Die Anwesenheit dieses letzteren macht sich in keiner Weise bemerkbar, indem dasselbe keinen Überschuß in grünen Strahlen ergibt und keine Herabsetzung der Photosynthese — entsprechend dem relativen Sinken der Absorption — in rotgelben Strahlen anzeigt.

Man kann wohl sagen, daß das rote Nebenpigment der marinen Uferalgen eine ebenso geringe Rolle in dem Prozesse der Photosynthese spielt, wie das in dem Zellsaft gelöste Anthocyan der höheren Pflanzen.

Von dem Gedanken ausgehend, daß das Leben in den von noch nicht durch die Absorption des Wassers verändertem weißen Lichte durchdrungenen Schichten des Seewassers zu einer Inaktivierung des anfänglich aktiven Pigmentes geführt haben könnte, ging ich zu Versuchen mit in größeren Tiefen lebenden Organismen über.

VI. Versuch.

Algen: *Ulva Lactuca* aus der Uferzone und die Floridee *Callithamnion* aus einer Tiefe von etwa 20 Metern. Sonne.

	Weißes Licht, 1 Bogen Papier.	Grünes Filter, 1 Bogen Papier.
Ulva	213,22 (100)	21,89 (10)
Callithamnion	49,32 (100)	15,27 (31)!

VII. Versuch.

Algen: *Ulva Lactuca*, *Gelidium crinale* (litorale Zone) und *Callithamnion*, wie früher. Sonne.

	Weißes Licht, 2 Bogen Papier.	Grünes Filter, 2 Bogen Papier.	Gelbes Filter, 2 Bogen Papier.
Ulva	158,47 (100)	18,98 (12)	143,67 (91)
Gelidium	195,16 (100)	26,37 (14)	156,13 (80)
Callithamnion	85,81 (100)	19,85 (23)!	45,64 (53)!

VIII. Versuch.

Algen: *Ulva Lactuca* und *Callithamnion*, wie früher.

	Weißes zerstreutes Licht, 1 Bogen Papier.	Grünes Filter, 1 Bogen Papier, Sonne.	Gelbes Filter, 1 Bogen Papier, Sonne.
Ulva	60,20 (100)	14,84 (25)	95,66 (159)
Callithamnion	20,84 (100)	14,76 (71)!	16,62 (80)

Diese Versuche ergeben schon ein ganz anderes Bild: im gefärbten Lichte ergeben verschieden gefärbte Algen sich scharf von einander unterscheidende Größen der Photosynthese, welche dem Gesetze von der komplementären Färbung regelrecht entsprechen: im grünen Lichte assimiliert die rote Form am stärksten, im rotgelben Lichte — die grüne Alge.

Wir führen nunmehr Versuche mit in noch größeren Tiefen lebenden Formen an:

IX. Versuch.

Algen: die grüne *Caulerpa prolifera* und die rote *Delesseria* (Tiefe von etwa 70—90 Meter).

	Sonne, 1 Bogen Papier.	Grünes Filter, 1 Bogen Papier, Sonne.	Gelbes Filter, Sonne.
Caulerpa	275,87 (100)	66,34 (24)	93,09 (34)
Delesseria	106,11 (100)	40,65 (38)	24,57 (23)

X. Versuch.

Algen: *Ulva Lactuca* und *Delesseria* vom Tiefwasser.

	Sonne, 1 Bogen Papier.	Grünes Filter, 1 Bogen Papier, Sonne.
Ulva	209,51 (100)	71,96 (34)
Delesseria	51,34 (100)	31,30 (61)

XI. Versuch.

Algen: *Caulerpa prolifera*, *Delesseria* und *Dictyota dichotoma* (Braunalgen). Sonne.

	Sonne.	Grünes Filter, 1 Bogen Papier.	Gelbes Filter, 1 Bogen Papier.	Weißes zerstreutes Licht, 2 Bogen Papier.
Caulerpa	81,80 (100)	22,99 (28)	61,47 (75)	11,68 (14)
Delesseria	52,36 (100)	28,88 (55)	19,26 (37)	11,98 (23)
Dictyota	190,21 (100)	52,71 (28)	138,27 (73)	25,16 (13)

Die letzten drei Versuche scheinen die spezifische Bedeutung der komplementären Färbung der roten Tiefseeformen noch stärker hervorzuheben. Die Frage erweist sich als im Sinne der herr-

schenden Theorie entschieden. Wir wollen indessen die Zahlen der letzten Kolonne des XI. Versuches etwas näher betrachten. Hier ergab sich bei der Photosynthese in verhältnismäßig schwachem weißen Lichte eine charakteristische Abweichung zugunsten der roten Tiefseealge, als ob wir es mit einem Prozesse in gefärbtem Lichte zu tun hätten.

Die Veränderung in der Intensität des Lichtes hat eine ebensolche Verschiebung der Optima der Photosynthese hervorgerufen, wie die Veränderung seiner Farbe.

Wir führen hier einige Versuche an, welche das Studium der Photosynthese bei verschiedener Intensität des gleichförmig weißen Lichtes zum Zwecke haben.

XII. Versuch.

Algen: *Ulva Lactuca* und *Callithamnion*.

	Sonne, 1 Bogen Papier.	Weißes zerstreutes Licht, 1 Bogen Papier.	Weißes zerstreutes Licht, 4 Bogen Papier.	Weißes zerstreutes Licht, 8 Bogen Papier.
Ulva	190,59 (100)	83,57 (44)	25,30 (13)	8,74 (5)
Callithamnion	42,20 (100)	24,92 (59)	13,94 (33)	5,74 (14)

XIII. Versuch.

Dieselben Algen.

	Sonne, 1 Bogen Papier.	Sonne, 6 Bogen Papier.	Zerstreutes Abendlicht.
Ulva	124,08 (100)	58,62 (47)	88,44 (69)
Callithamnion	23,11 (100)	17,60 (76)	29,13 (126)

XIV. Versuch.

Algen: *Ulva Lactuca*, *Delesseria* und *Dictyota*.

	Sonne.	Zerstreutes Licht, 3 Bogen Papier.	Zerstreutes Licht, 6 Bogen Papier.
Ulva	261,48 (100)	38,16 (15)	20,78 (8)
Delesseria	24,42 (100)	12,66 (52)	7,53 (31)
Dictyota	260,98 (100)	41,33 (16)	27,56 (11)

In dieser Serie von Versuchen erblicken wir die gleichen charackteristischen Divergenzen in den Größen der Photosynthese wie in den vorhergehenden Versuchen mit gefärbtem Lichte; ein Zusammenhang zwischen der erhöhten assimilierenden Tätigkeit bei den grünen Formen mit der verhältnismäßig großen Intensität des Lichtes, bei den roten Tiefseeformen dagegen mit dessen ver-

hältnismäßig geringer Intensität tritt hier deutlich zutage. Der Verlauf der Zahlen ist dem in den früheren Versuchen so ähnlich, daß man annehmen könnte, wir hätten es nicht mit weißen, sondern mit komplementär gefärbten Strahlen zu tun.

Um das Wesen dieser Erscheinung kennen zu lernen, werden wir vor allem im Auge behalten müssen, daß alle Filter, sowohl das rotgelbe wie auch das grüne, nicht nur bestimmte Strahlen auslöschen, sondern auch die allgemeine Intensität der einfallenden Radiation abschwächen, und zwar durchaus nicht gleichmäßig: das Filter aus Bichromat ist eins der durchlässigsten für die rotgelben Teile des Spektrums, welche es fast unverändert hindurchläßt, beinahe ohne die Intensität der Strahlen abzuschwächen; das grüne Filter — Pikrin-Kupfer — ist verhältnismäßig dunkel, wenn seine Dicke so gewählt wird, daß nur die grünen Strahlen mit alleiniger Beimischung der blauen Randstrahlen durchgelassen werden. Mit anderen Worten, hinter dem gelbroten Filter werden die Bedingungen einer verhältnismäßig grellen Beleuchtung geschaffen, während hinter dem grünen Filter tiefer Schatten herrscht. Was erweist sich nun als ausschlaggebend für den Verlauf der Photosynthese, der Wechsel der absorbierten Strahlen oder die allgemeine Intensität des Lichtes, welche für die einzelnen Organismen passende Bedingungen hervorruft?

Wir wollen Versuche anführen, aus denen die Möglichkeit, die Tätigkeit des gefärbten Strahles sozusagen umzukehren, indem man dessen Intensität verändert, deutlich zu ersehen ist.

XV. Versuch.

Algen: *Caulerpa prolifera* und *Delesseria* vom Tiefwasser.

	Sonne, 1 Bogen Papier.	Gelbes Filter, Sonne.	Gelbes Filter, zerstreutes Licht.
Caulerpa	275,87 (100)	93,09 (34)	20,90 (8)
Delesseria	106,11 (100)	24,57 (23)	13,42 (13)

XVI. Versuch.

Algen: *Ulva Lactuca* und Tiefwasserfloridee *Delesseria*.

	Sonne, 1 Bogen Papier.	Grünes Filter, 1 Bogen Papier, Sonne.	Gelbes Filter, zerstreutes Licht, 1 Bogen Papier.
Ulva	209,51 (100)	71,96 (34)	32,58 (16)
Delesseria	51,34 (100)	31,30 (61)	9,85 (19)

In diesen Versuchen ist gar kein gegenseitiges Verhältnis zwischen der Färbung des Chromophylls und der Farbe des auf-

fallenden Strahles mehr zu erkennen. Unter dem gelbroten Filter assimiliert die rote Alge bald schwächer, bald energischer im Vergleich mit der grünen. Nicht die Farbe des Strahles spielt die ausschlaggebende Rolle, sondern dessen Intensität.

Indem wir nunmehr zu der theoretischen Zusammenstellung der Versuchsergebnisse schreiten, muß vor allem bemerkt werden, daß die erhaltenen Resultate sich nicht in dem durch die ENGELMANNsche Theorie von der komplementären Farbenanpassung gegebenen Rahmen unterbringen lassen, hingegen vollkommen den Vorstellungen entsprechen, wie sie hauptsächlich von BERTHOLD und OLTMANNS in bezug auf die Frage von der Verteilung der Algen nach Zonen entsprechend ihrem Lichtbedürfnisse entwickelt worden sind.

Mit dem Begriffe von dem Lichtgenuß werden wir dank den bemerkenswerten Untersuchungen von WIESNER immer eingehender bekannt; einige experimentelle Daten, welche mit den oben angeführten in außerordentlichem Maße übereinstimmen, aber aus dem Studium der individuellen photosynthetischen Fähigkeit der Baumarten gewonnen wurden, verdanken wir LJUBIMENKO. In den Meeresalgen haben wir gewissermaßen ein besonders auffallendes Beispiel der Teilung in lichtliebende und schattenliebende Pflanzen. Das Nebenpigment, welches in gleicher Weise sowohl bei den Ufer- wie auch bei den Tiefseeformen angetroffen wird, kann nicht zur Bestimmung des Lichtbedürfnisses herangezogen werden, aber es beeinflußt augenscheinlich auch nicht den Verlauf des photosynthetischen Prozesses.

Die erhaltenen Resultate veranlassen uns, zu den klassischen Untersuchungen von ENGELMANN zurückzukehren und dieselben eingehend zu analysieren, was ich denn auch in einem speziellen Aufsatze auszuführen gedenke. Auch die Angaben von GAIDUKOV bedürfen einer Revision auf experimenteller Grundlage. Indem ich die Erörterung der Ergebnisse meiner eigenen Untersuchungen über die Photosynthese bei den blau-grünen Algen auf einen demnächst erscheinenden Aufsatz verschiebe, will ich hier nur darauf hinweisen, daß für die Begründung der vitalen Bedeutung der chromatischen Adaptation auf experimentellem Wege gewonnene Daten bezüglich der photosynthetischen Funktion erforderlich sind, da die Veränderung der Färbung in die Komplementärfarbe an und für sich nicht im biologisch zweckmäßigen Sinne ausgenützt werden kann.

Als die wichtigsten Schlußfolgerungen der Untersuchung wird man nachstehende Sätze betrachten können:

1. Unter den Meeresformen besitzen wir in bezug auf die Photosynthese ebensolche Gruppen von lichtbedürftigen und lichtscheuen Formen wie bei den Landpflanzen.

2. Durch diese Eigenschaft (den Lichtgenuß) wird die zonale Verbreitung der Algen bestimmt (BERTHOLD, OLTMANNS).

3. Die Nebenpigmente (wie das Phycoerythrin) spielen keine aktive Rolle im Prozesse der Photosynthese.

4. Das einzige, den Verlauf der Photosynthese bestimmende Pigment, ist auch bei den nicht grün gefärbten Pflanzen das überall vorhandene, allein bisweilen versteckte grüne Pigment, d. h. das Chlorophyll.

5. Die Theorie von ENGELMANN sowie die auf derselben fußenden Vorstellungen sind daher einer grundlegenden Revision zu unterziehen.

---

36. P. Magnus: Eine neue Urocystis.

(Mit 4 Textfiguren.)

(Eingegangen am 17. Juni 1912.)

Unter den von Herrn J. BORNMÜLLER 1910 in Syrien gesammelten parasitischen Pilzen erhielt ich noch nachträglich[1]) eine mich sehr interessierende Ustilaginee, die derselbe auf *Melica Cupani* am Westfuße des Antilibanon bei Heliopolis (Baalbek) 1300 m hoch am 18. Mai 1910 gesammelt hatte. Sie erwies sich als eine neue Art der Gattung *Urocystis*. Ich nenne sie zu Ehren des um die Pilzkunde des Orients so hoch verdienten Entdeckers *Urocystis Bornmülleri* P. Magn.

Sie tritt in den Scheiden und Spreiten der Blätter und in den Inflorescenzen von *Melica Cupani* auf (s. Fig. 2). In den Scheiden tritt sie in längsverlaufenden Schwielen auf, die auf der Innenseite der Scheide aufplatzen. In der Inflorescenz stehen die

1) Ich habe die Bestimmung und Bearbeitung des größten Teiles dieser Sammlung veröffentlicht in den Mitteilungen des Thüringischen Botanischen Vereins Neue Folge, Heft XXVIII, 1911, S. 63—75, Taf. V.

Ährchen weit gedrängter, als an der gesunden (s. Fig. 1). Die Achse der befallenen Inflorescenz bleibt daher viel kürzer.

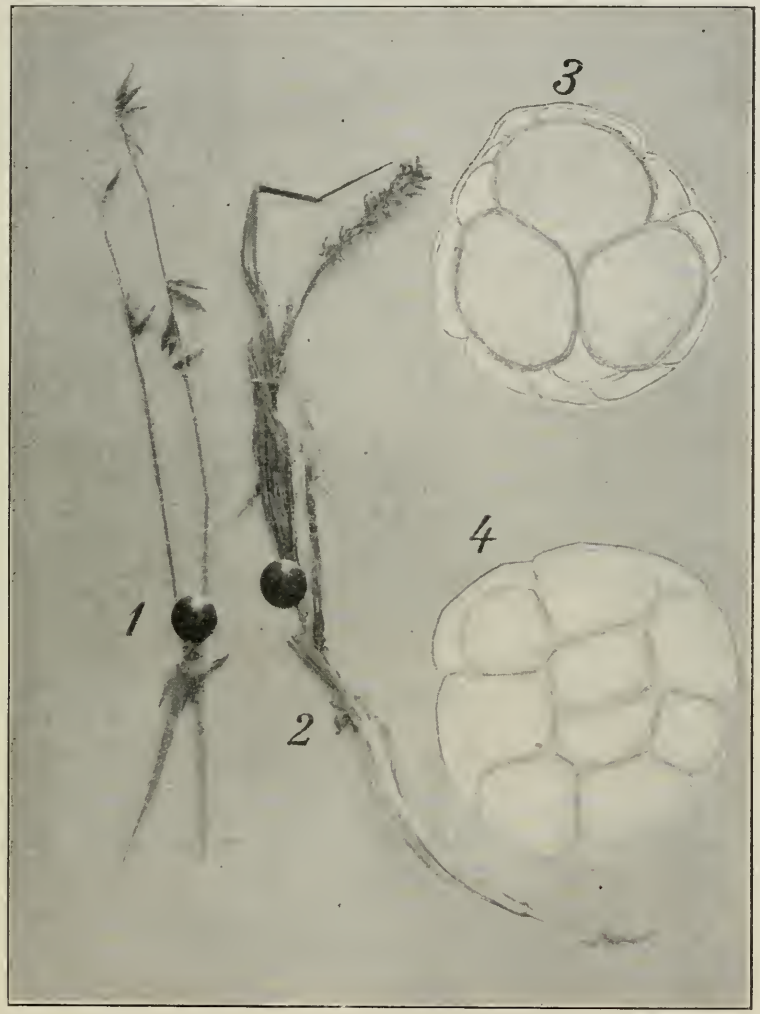


Fig 1. Gesunde Inflorescenz von *Melica Cupani*; die meisten Ährchen schon abgefallen. Nat. Gr.

Fig. 2. Von *Urocystis Bornmülleri* P. Magn. befallener Halm der *Melica Cupani*. Aus den Blattscheiden treten die Brandschwielen hervor. Der Stiel der Inflorescenz ist sehr verkürzt, und die Ähren mit brandigen Körnchen stehen dichter aneinander. Nat. Gr.

Fig. 3. Sporenknäuel mit drei Sporen im optischen Durchschnitt. Vgr. 1330.

Fig. 4. Derselbe in der Oberflächenansicht, die die Gestalt der Hüllzellen zeigt. Vgr. 1330.

An den Ährchen tritt *Urocystis Bornmülleri* (so wenigstens an dem einzigen von BORNMÜLLER gesammelten Exemplar) in den Frucht-

knoten auf, die klein und dicht schwarz von den Sporenknäueln, die sich in ihnen entwickelt haben, werden. Das Auftreten der *Urocystis Bornmülleri* auf *Melica Cupani* ist daher ganz analog dem der *Urocystis occulta* (Wallr.) Wint. auf *Secale cereale*, nur daß die befallene Inflorescenz heraustritt, während sie bei *Ur. occulta* oft von der oberen Scheide mehr oder minder umfaßt bleibt, und daß bei dem dichten Stande der Ährchen des Roggens ein Unterschied in der dichteren Stellung bei den infizierten Halmen nicht hervortritt.

Die Sporenknäuel bestehen aus 1—5, selten mehr großen dunklen Sporen, die von kleineren Hüllzellen mit etwas helleren Außenwänden umgeben werden (s. Fig. 3 und 4). Am häufigsten sind 3 oder 4 Sporen in einem Sporenknäuel. Die Hüllzellen umgeben die Sporen oft nicht vollständig, wie das auch von anderen *Urocystis*-Arten bekannt ist. Die äußeren Wände der Hüllzellen liegen an den trockenen Sporenknäueln der Innenwand an. Sobald man aber Wasser hinzusetzt, springen die Außenwände sofort nach außen hervor, so daß am im Wasser liegenden Sporenknäuel die Hüllzellen nach außen jede kuglig hervortreten. Die Hüllzellen der Sporenknäuel von *Urocystis Bornmülleri* verhalten sich daher ganz ähnlich, wie ich es vor Jahren von denen von *Urocystis Antipolitana* beschrieben habe.

Die Sporen sind durchschnittlich 17,8 μ breit; die Hüllzellen sind 5,5—6,8 μ breit.

Die Sporenknäuel sind im allgemeinen kugeligrund, so namentlich bei denen mit 3 oder 4 Sporen. Doch kommen auch häufig unregelmäßigere Gestalten vor, wie das bei den Sporenknäueln aller *Urocystis*-Arten eintritt.

Die Durchmesser der Sporenknäuel sind natürlich bei verschiedener Sporenzahl etwas verschieden. Sie sind

bei 2 Sporen 20,5—30 μ breit.

(Bei den zweisporigen namentlich sind öfter die Sporenknäuel länglich, d. h. nach zwei Richtungen von verschiedener Breite, so z. B. öfter 19,1 × 27,4 μ.)

bei 3 Sporen 24,6—35,6 μ breit,

bei 4 Sporen 34,2—47,9 μ breit,

bei 5 Sporen (wovon nur wenige gemessen) 34,2—38,3 μ breit.

Die nahe Verwandtschaft der *Urocystis Bornmülleri* mit anderen Gräser bewohnenden *Urocystis*-Arten geht aus dem Gesagten klar hervor. Durch ihr Auftreten auf der *Melica Cupani*, namentlich in der Inflorescenz derselben, sowie durch den Bau der Sporen-

knäuel mit den bei Wasserzusatz nach außen vorgewölbten Wänden der Hüllzellen ist sie gut charakterisiert.

Auf *Melica* sind in SACCARDO Sylloge Fungorum bisher nur zwei Ustilagineen genannt. In Vol. VII, S. 461 ist *Ustilago segetum* (Bull.) Dittm. ohne weitere Angaben auf *Melica* sp. angegeben. Sie dürfte wahrscheinlich eine eigene Art sein. Und *Endothlaspis Melicae* Sorok. ist in Vol. VII, S. 481 als *Cintractia*? *Melicae* (Sorok) De Toni auf *Melica ciliata* aus Zentral-Asien aufgeführt. Außerdem haben H. u. P. SYDOW in den Annales Mycologici Vol. X (1912), S. 214 die *Ustilago Trebouxi* Syd. auf den Blättern von *Melica ciliata* aus Nowotscherkassk in Rußland beschrieben. Sie treten in langen strichförmigen Streifen auf den Blättern auf, wodurch sie sich der *Ustilago striiformis* (West.) Nießl. anschließen. Alle drei Arten Arten auf *Melica* sind aus Asien oder dem östlichen Rußland. Aus dem östlichen Rußland und Asien sind noch viele Ustilagineen auf den dortigen Gräsern zu erwarten.

Frl. LISBETH WERNER, die die beiden beigegebenen Zeichnungen der Sporenknäuel gütigst angefertigt hat und meinem Neffen Prof. Dr. WERNER MAGNUS, der die beiden photographischen Aufnahmen gemacht hat, spreche ich auch hier noch meinen besten Dank aus.

---

37. N. A. Maximow: Chemische Schutzmittel der Pflanzen gegen Erfrieren. II.

Die Schutzwirkung von Salzlösungen.

(Eingegangen am 17. Juni 1912.)

Im ersten Teil der vorliegenden Untersuchung[1]) habe ich gezeigt, daß das Verweilen der Pflanzengewebe auf einer Lösung irgend eines Zuckers oder Alkohols die Kälteresistenz bedeutend erhöhen kann. Ein eingehenderes Studium dieser Erscheinung erwies, daß solch eine Kälteresistenzerhöhung nicht ausschließlich durch die Gefrierpunktserniedrigung der Lösung und des Zellsafts erklärt werden kann, da einerseits die Kälteresistenz bedeutend rascher als die Depression wächst, andererseits die isotonischen

1) Diese Berichte, Bd. XXX, 1912, S. 52.

Lösungen verschiedener Stoffe, welche ein und denselben Gefrierpunkt besitzen, eine sehr ungleiche Schutzwirkung ausüben. Die Erklärung der Schutzwirkung muß man also in irgendeiner komplizierten physikalisch-chemischen Einwirkung der umgebenden Lösung auf das Protoplasma suchen; deshalb ist es notwendig, die Faktoren kennen zu lernen, welche das Ausmaß der Schutzwirkung bestimmen. Von solchen Faktoren fielen mir vorläufig nur zwei auf: die giftige Wirkung der Lösungen, — welche ganz besonders in den Versuchen mit Methyl- und Äthylalkohol und ebenso mit Glyzerin zutage trat, ferner die Lage des eutektischen Punktes der Lösung; beim Vergleich der Wirkung des Mannits, dessen eutektischer Punkt nahe an — 1,4 ° liegt, mit der Wirkung der Glykose, deren eutektischer Punkt sehr niedrig liegt, trat dieser Umstand besonders deutlich hervor.

Indem ich außer den Alkoholen und Kohlenhydraten auch noch Salze anorganischer und organischer Säuren in Betracht zog, bestrebte ich mich, nicht bloß durch neue Beispiele die chemische Schutzwirkung zu beweisen und die schon erhaltenen Resultate zu verallgemeinern, sondern auch der Erklärung der Natur der Schutzwirkung selbst näher zu treten. Wenn man von einer recht verbreiteten, aber wie wir schon gesehen haben, unbegründeten Ansicht, daß die Kälteresistenzerhöhung bloß von der Gefrierpunktserniedrigung abhängt, absieht, so bleibt die Annahme von LIDFORSS[1]) als einzige bis jetzt vorgeschlagene Erklärung der Schutzwirkung. Indem LIDFORSS die Zuckerarten und die mehrwertigen Alkohole wie Mannit oder Glyzerin als spezifische Schutzstoffe ansieht, bringt er diese Schutzwirkung in Zusammenhang mit ihrer chemischen Natur, nämlich mit der Fähigkeit, manche chemischen Prozesse, im besonderen das Gerinnen der Eiweißstoffe, verlangsamen oder sogar ganz einstellen zu können. Auf Grund der GORKEschen „chemischen" Theorie des Erfrierens gibt LIDFORSS das folgende Schema der Schutzwirkung: beim Gefrieren bildet sich in den Pflanzengeweben reines Eis und die Konzentration des Zellsafts steigt, bis endlich die sich darin befindenden Salze die Eiweißstoffe des Plasmas aussalzen und denaturieren; es resultiert das Zugrundegehen der Zelle — „das Erfrieren". Wenn sich aber im Zellsaft eine genügende Quantität von Zucker befindet oder künstlich eingeführt wird, so erfolgt die Denaturierung bedeutend später, da der Zucker die schädliche

1) B. LIDFORSS, Die wintergrüne Flora, Lund 1907, S. 50.

Einwirkung der Salze paralysiert und die Kälteresistenz der Pflanzenzellen beträchtlich erhöht.

Das LIDFORSSsche Schema ist sehr verlockend, da er einerseits in seinen Versuchen mit dem Gefrieren von Eiweißlösungen, andererseits in dem wechselnden Zuckergehalt in den Blättern der wintergrünen Pflanzen zu verschiedenen Jahreszeiten eine Stütze findet. Es setzt aber einen Antagonismus zwischen der Wirkung der Salze und der Zucker voraus, gegen dessen Annahme Experimente von BARTETZKO[1]) angeführt werden können, in welchen die Salpeterlösungen dieselbe Schutzwirkung auf die Schimmelpilze ausübten, wie die isosmotischen Zucker- oder Glyzerinlösungen. Diese Experimente können aber nicht als entscheidende angesehen werden, da die erhöhte Kälteresistenz der auf Salpeterlösungen kultivierten Schimmelpilze, nicht durch die Aufspeicherung eben dieser Salze selbst in den Zellen, sondern durch das Entstehen besonderer, osmotisch wirkender Stoffe, deren chemische Natur vielleicht von der Beschaffenheit der umgebenden Lösung nicht abhängt, erklärt werden könnte; dennoch kann man nicht leugnen, daß durch diese Experimente das Schema von LIDFORSS einigermaßen erschüttert ist.

Durch die Untersuchung des Einflusses der Salze auf die Kälteresistenz der Zellen höherer Pflanzen, die nicht fähig sind, ihren Turgor so stark zu verändern wie die Schimmelpilze, wollte ich das Schema GORKE-LIDFORSS einer experimentellen Prüfung unterwerfen. Im Falle, daß das Schema richtig ist, muß das Einführen der Salze eine Kälteresistenzerniedrigung zur Folge haben; wenn es aber eine ebensolche Schutzwirkung wie Alkohole und Zucker ausübt, so ist das Schema zu verwerfen und die Erklärung der chemischen Schutzwirkung irgendwie anders zu begründen.

Die Methodik meiner Experimente mit den Salzen unterschied sich fast gar nicht von der, die im ersten Teil meiner Untersuchung beschrieben ist. Manche Schwierigkeit bot bloß die bekannte Giftwirkung der reinen Lösungen neutraler Salze[2]). Um diese Giftwirkung zu beseitigen, fügte ich zu Lösungen der K- und Na-Salze zirka 2 Volumprozente aequimolekularer Lösungen des Ca-Salzes von demselben Anion hinzu. Auf solchen „entgifteten“ Lösungen, selbst wenn sie von hoher Konzen-

1) Jahrbücher f. wiss. Botanik, Bd. 47, 1909, S. 81—85.

2) Siehe z. B. HÖBER, Physikalische Chemie d. Zelle, 3. Aufl., 1911, Kap. 11.

tration waren, hielten die Rotkohlschnitte ohne merklichen Schaden mehrere Tage aus. Späterhin, da es sich als möglich erwies, die Dauer der Versuche herabzusetzen, konnte ich ohne diesen Ca-Zusatz auskommen. Um die Schutzwirkung der Salze unter sich, ebenso auch mit der früher erforschten Wirkung der Nichtelektrolyte vergleichen zu können, habe ich dieselben in isosmotischen Konzentrationen angewandt. Als Einheit nahm ich eine Lösung an, die der Normallösung (1 Mol im Liter) der Glykose isosmotisch ist, und fernerhin werde ich der Abkürzung halber, solche Lösungen als „isonormal" in den Tabellen mit den Buchstaben „is" bezeichnen. Den Prozentgehalt solcher Lösungen erhielt ich meist durch Berechnung, unter Benutzung der in den Tabellen von LANDOLT-BÖRNSTEIN angegebenen kryoskopischen Daten. In den Fällen, wo solche Daten nicht zu finden waren, bereitete ich die Isonormallösung aus der Normallösung, deren Depression ich mit Hilfe des BEKMANNschen Kryoskops bestimmte und zu der ich so lange Wasser hinzufügte bis der Gefrierpunkt gleich 1,8 ° war. Die Depression der „Isonormallösung" wurde jedesmal mittels des Kryoskops geprüft und wenn es sich als nötig erwies, wurde die Konzentration durch Hinzufügung von Wasser oder konzentrierter Lösung korrigiert; freilich mußten bei den Salzen, deren eutektischer Punkt höher als — 1,8 ° (K_2SO_4, Na_2SO_4 u. d. g.) liegt, halb-isonormale Lösungen der kryoskopischen Kontrolle unterworfen werden. Für eine völlig genaue Übereinstimmung der Depression habe ich nicht gesorgt und hielt es für ausreichend, wenn dieselbe zwischen — 1,75 ° und — 1,85 ° fiel. Schwächere Konzentrationen erhielt ich durch 2-, 4- bis 10fache Verdünnung. der Isonormallösung; dabei hielt ich es für möglich, die bei verschiedenen Salzen ungleiche Veränderung des Dissotiationsgrades außer acht zu lassen. In manchen Fällen gebrauchte ich auch stärkere 1,5-is- und 2-is-Lösungen mit der Depression — 2,7 ° und — 3,6 °.

Es war nicht meine Absicht die Wirkung der Salze aller existierenden Anionen und Kationen zu untersuchen. Ich zog es vor, die Salze solcher Säuren und Basen zu prüfen, die am häufigsten und in größeren Quantitäten in den Pflanzen vorkommen; nämlich von den Kationen Na, K, Ca, Mg, NH_4, von den Anionen — Cl, NO_3, SO_4. Ich beschloß mit der Wirkung der Chloride zu beginnen, insbesondere des Chlornatriums, das in vielen Salzpflanzen in großer Menge vorkommt. Ich untersuchte die Chlorsalze aller fünf oben genannten Metalle und alle diese Salze, obwohl in sehr verschiedenem Grade, erwiesen sich fähig die Kälteresistenz der

Rotkohlschnitte zu erhöhen. Die Resultate der Versuche mit NaCl, KCl und $CaCl_2$ sind in folgenden drei Tabellen wiedergegeben:

Tabelle X. Rotkohl. NaCl.

	2 is	1,5 is	1 is	0,5 is	0,25 is	0,1 is	0
— 5,8 °	—	—	leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8 °	—	—	leb.	leb.	leb.	3/4 leb.	tot
— 11,1 °	—	—	leb.	leb.	1/2 leb.	1/4 leb.	—
— 17,3 °	leb.	leb.	leb.	1/2 leb.	einzeln. leb.	tot	—
— 22 °	leb.	leb.	3/4 leb.	1/4 leb.	tot	tot	—
— 32 °	leb.	3/4 leb.	tot	—	—	—	—

Tabelle XI. Rotkohl. KCl.

	2 is	1,5 is	1 is	0,5 is	0,25 is	0,1 is	0
— 5,8 °	—	—	leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8 °	—	—	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.	tot
— 11,1 °	—	—	leb.	3/4 leb.	1/4 leb.	tot	—
— 17,3 °	einzeln. leb	einzeln. leb	tot	tot	tot	tot	—
— 22 °	tot	tot	tot	tot	tot	tot	—

Tabelle XII. Rotkohl. $CaCl_2$.

	2 is	1,5 is	1 is	0,5 is	0,25 is	0,1 is	0
— 5,8 °	—	—	leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8 °	—	—	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.	tot
— 11,1 °	—	—	leb.	3/4 leb.	1/4 leb.	tot	—
— 17,3 °	—	—	leb.	1/4 leb.	tot	tot	—
— 22 °	leb.	1/2 leb.	1/2 leb.	tot	—	—	—
— 32 °	einzeln. leb.	tot	tot	—	—	—	—

Von anderen Chlorsalzen zeigte NH_4Cl eine noch schwächere Wirkung als $CaCl_2$; $MgCl_2$ äußerte fast gar keine Schutzwirkung.

Die obigen Ergebnisse zeigen, daß die Chloride eine beträchtliche Schutzwirkung bewirken können; die Schutzwirkung von NaCl steht der Schutzwirkung der Glykose nicht nach. (Vgl. Tabelle I, S. 57.) Diese Tatsache steht in starkem Widerspruch sowohl mit der von GORKE vorgeschlagenen chemischen Theorie des Erfrierens als auch mit der Theorie von LIDFORSS über die spezifische Schutzrolle des Zuckers, da laut diesen Theorien das Einführen konzentrierter Lösungen anorganischer Salze das Aussalzen und die Denaturierung der Eiweißstoffe des Plasmas beschleunigen und verstärken müßte. Es ist also klar, daß die Ursachen des Erfrierens und der Schutzwirkung irgend wo anders zu suchen sind.

Betrachten wir vor allem NaCl und KCl, zwei einander sehr nahestehende Salze, deren Schutzwirkung aber sehr ungleich ist. Beim Vergleichen der Tabellen X und XI sehen wir, daß diese beiden Salze anfangs, so lange die Temperatur nicht unter — 11 ° sinkt, fast in gleichem Grade die Kälteresistenz der Kohlschnitte erhöhen. Nachdem aber diese Grenze überschritten worden ist, kommt auf einmal der große Unterschied zum Vorschein: während die Schutzwirkung hoher Konzentrationen von NaCl nur allmählich der Wirkung des steigenden Frostes nachgibt, fällt die Schutzwirkung des KCl rasch bis zu Null. Die Ursache solcher Verschiedenheit könnte man in größerer Giftigkeit des K-Ions suchen. Abgesehen aber davon, daß so eine Giftigkeit für die Pflanzenzelle kaum festgestellt ist, wäre es schwierig, dadurch den Umschlag der Schutzwirkung gerade neben — 11 ° zu erklären. Wenn wir uns erinnern, daß bei — 11,1 ° der Kryohydratpunkt der Chlorkaliumlösung liegt, und daß wir in den Versuchen mit Mannit gesehen haben, daß das Erreichen des eutektischen Punktes ein rasches Verschwinden der Schutzwirkung bedingt, so ist es leicht anzunehmen, daß die verschiedene Schutzfähigkeit des NaCl und KCl durch die verschiedene Lage ihrer eutektischen Punkte (— 11 ° für KCl, — 21,3 ° für NaCl) hervorgerufen ist. Daraus folgt, daß die Schutzwirkung der Salze dieselbe Abhängigkeit vom Gang der Löslichkeit bei Temperaturerniedrigung zeigt wie auch in der Schutzwirkung der Nichtelektrolyte. Die Natur der Schutzwirkung ist wie in einem, so auch in dem anderen Falle gleich.

Die Schutzwirkung des Chlorkalziums widerspricht anscheinend dem eben erwähnten. Der eutektische Punkt der Lösung dieses Salzes liegt außerordentlich niedrig, nämlich bei — 55 °, dessenungeachtet gibt die Wirkung desselben bedeutend der Wirkung von NaCl nach. Dies kann man jedoch durch größere Giftigkeit dieses Salzes erklären, die man höchstwahrscheinlich der Wirkung des Kations zuschreiben muß. Eine noch größere Giftigkeit und kleinere Schutzwirkung besitzen NH_4Cl und $MgCl_2$. Zur Aufklärung der Giftwirkung des Ca und Mg kehren wir später zurück, jetzt gehen wir aber zu den Versuchen mit salpetersauren und schwefelsauren Salzen über, die hauptsächlich in der Absicht aufgestellt worden sind, den Zusammenhang zwischen der Schutzwirkung und der Lage des eutektischen Punktes noch deutlicher erscheinen zu lassen.

Von den Nitraten sind folgende untersucht worden: $NaNO_3$, KNO_3, NH_4NO_3, $Ca(NO_3)_2$, $Mg(NO_3)_2$.

Tabelle XIII. Rotkohl. $NaNO_3$.

	1 is	0,5 is	0,25 is	0,1 is	0
— 5,8 °	leb.	leb.	leb.	$^3/_4$ leb.	$^1/_4$ leb.
— 7,8 °	leb.	leb.	leb.	$^1/_2$ leb.	tot
— 11,1 °	leb.	$^1/_2$ leb.	$^1/_4$ leb.	einzeln. leb.	—
— 17,3 °	$^3/_4$ leb.	$^1/_4$ leb.	einzeln. leb.	tot	—

Tabelle XIV. Rotkohl. KNO_3.

	1 is	0,5 is	0,25 is	0,1 is	0
— 5,8 °	$^3/_4$ leb.	$^1/_4$ leb.	$^3/_4$ leb.	$^3/_4$ leb.	$^1/_4$ leb.
— 7,8 °	$^1/_4$ leb.	$^1/_4$ leb.	einzeln. leb.	einzeln. leb.	tot
— 11,1 °	einzeln. leb.	tot	tot	tot	—
— 17,3 °	tot	tot	tot	tot	—

Tabelle XV. Rotkohl. $Ca(NO_3)_2$.

	1 is	0,5 is	0,25 is	0,1 is	0
— 5,8 °	leb.	leb.	leb.	leb.	$^1/_4$ leb.
— 7,8 °	leb.	leb.	$^1/_2$ leb.	$^1/_4$ leb.	tot
— 11,1 °	leb.	$^1/_2$ leb.	tot	tot	—
— 17,3 °	$^3/_4$ leb.	$^1/_4$ leb.	tot	tot	—

$Mg(NO_3)_2$ zeigte eine sehr schwache, NH_4NO_3 gar keine Schutzwirkung; letztere erwies sich sogar eher als schädlich.

Der Zusammenhang der Schutzwirkung mit der Lage des Kryohydratpunkts tritt bei den Experimenten mit Nitraten nicht minder scharf hervor als bei denen mit Chloriden. Für die Lösungen KNO_3 liegt dieser Punkt bei — 2,9 °, für $NaNO_3$ bedeutend niedriger, nämlich bei — 18,5 °. Dementsprechend äußert das erstere Salz fast gar keine Schutzwirkung, während die Wirkung des $NaNO_3$ vollkommen deutlich auftritt. $Ca(NO_3)_2$, ungeachtet seines fast ebenso niedrig liegenden eutektischen Punktes (— 16 °), schützt bedeutend schlechter — wieder die spezifische Giftwirkung des Kations. $Mg(NO_3)_2$ und NH_4Cl sind in solchem Grade giftig, daß es schwierig ist, überhaupt von ihrer Schutzwirkung zu reden. Meine Experimente mit Nitraten gaben im allgemeinen dieselben Resultate, wie die von BARTETZKO[1]). Er benutzte aber ausschließlich gemischte Lösungen, die zu gleicher Zeit

1) loc. cit., S. 81—85.

Kali- und Natronsalpeter enthielten, und deshalb konnte er den Unterschied zwischen der Wirkung dieser beiden Salze nicht konstatieren.

Von den Sulfaten habe ich nur zwei Salze untersucht, nämlich — Na_2SO_4 und K_2SO_4. Da diese beiden Salze einen sehr hohen eutektischen Punkt haben (Na_2SO_4 bei $-1{,}2\,^0$, K_2SO_4 bei $-1{,}6\,^0$), so konnte man im voraus sagen, daß ihre Schutzwirkung noch schwächer als die von KNO_3 sein muß. Das Experiment hat diese Vermutung völlig bestätigt. Beide Salze, ungeachtet ihrer vollständigen Unschädlichkeit, erwiesen sich als vollkommen unfähig, die Kälteresistenz der Kohlschnitte zu erhöhen.

Die Untersuchung der anorganischen Salzlösungen zeigt uns, daß die Schutzwirkung der Salze ebenso wie die der organischen Nichtelektrolyte vorzugsweise durch ihre Löslichkeit bei niedrigen Temperaturen bestimmt wird. Wenn eine Lösung bei Erniedrigung der Temperatur die Sättigungsgrenze rasch erreicht, wenn sie schon bei kleinem Frost vollkommen erstarrt, so ist ihre Schutzwirkung unbedeutend. Ein niedrig liegender eutektischer Punkt weist darauf hin, daß wir eine ansehnliche Schutzwirkung erwarten können, vorausgesetzt, daß die Lösung ungiftig ist; und wenn das letztere der Fall ist, so spielt die chemische Natur des Schutzstoffes keine Rolle bei der von ihm bedingten Kälteresistenzerhöhung.

Streng genommen ist die letzte Behauptung noch nicht völlig bewiesen. Obwohl wir gesehen haben, daß chemisch so verschiedene Stoffe, wie Glykose und NaCl in isosmotischen Konzentrationen gebraucht, gleiche Schutzwirkung erweisen, konnte diese Übereinstimmung doch rein zufällig sein. Um den Zufall zu beseitigen, beschloß ich eine möglichst große Anzahl unschädlicher Stoffe mit niedrigem eutektischem Punkt zu prüfen. Ich ging deswegen zur Untersuchung der Salze organischer Säuren über, und bei der Wahl der letzten legte ich dasselbe Prinzip zugrunde, wie in den Versuchen mit anorganischen Salzen, nämlich ich bevorzugte die Salze der Säuren, die am häufigsten in den Pflanzen vorkommen.

Von den einbasischen Säuren der Fettreihe konnte ich nur die Salze der Ameisen- und die der Essigsäure gebrauchen, da die höheren Glieder der Reihe Salze geben, welche durch Wasser stark zerlegt werden und darum eine scharf-alkalische Reaktion besitzen; das letzte ist jedoch auch bei den Acetaten bemerkbar. Von den essigsauren Salzen habe ich Na-, K- und Ca-Salze, von den ameisensauren nur Na- und K-Salze untersucht.

Tabelle XVI. Rotkohl. Na-Acetat.

	2 is	1 is	0,5 is	0.25 is	0,1 is	0
— 5,8 °	—	leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8 °	—	leb.	leb.	3/4 leb.	tot	tot
— 11,1 °	—	leb.	1/2 leb.	1/4 leb	tot	—
— 17,3 °	—	leb.	1/2 leb.	einz. leb.	tot	—
— 22 °	leb.	3/4 leb.	einz. leb.	—	—	—
— 32 °	3/4 leb.	einzeln. leb.	tot	—	—	—

Tabelle XVII. Rotkohl. K-Acetat.

	2 is	1 is	0,5 is	0,25 is	0,1 is	0
— 5,8 °	—	leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8 °	—	leb.	leb.	leb.	1/2 leb.	tot
— 11,1 °	—	leb.	leb.	1/2 leb.	tot	—
— 17,3 °	—	leb.	1/2 leb.	1/4 leb.	tot	—
— 22 °	leb.	leb.	1/4 leb.	—	—	—
— 32 °	leb.	1/4 leb.	einz. leb.	—	—	—

Tabelle XVIII. Rotkohl. Ca-Acetat.

	2 is	1 is	0,5 is	0,25 is	0,1 is	0
— 5,8 °	—	leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8 °	—	leb.	leb.	3/4 leb.	einz. leb.	tot
— 11,1 °	—	leb.	3/4 leb.	1/4 leb.	tot	—
— 17,3 °	—	1/2 leb.	einz. leb.	tot	tot	—
— 22 °	einzeln. leb.	tot	—	—	—	—
— 32 °	tot	tot	—	—	—	—

Die Formiate haben fast identische Resultate wie die Acetate gegeben.

Beim Durchsehen der erhaltenen Resultate fällt es auf, daß essigsaure Natrium- und Kaliumsalze eine fast ebensogroße Schutzwirkung ausüben wie Glykose oder Chlornatrium. Dies hängt wohl davon ab, daß die stärkste beobachtete Kälteresistenzerhöhung auch überhaupt die höchste ist, die man durch Anwendung von konzentrierten Lösungen erreichen kann. Fernerhin sehen wir, daß das Kaliumsalz seiner Wirkung nach fast gar nicht sich von der Wirkung des Natriums unterscheidet und sogar das letztere in seiner Schutzwirkung etwas übertrifft. Dies kann als Bestätigung für die früher ausgesprochene Ansicht dienen, nämlich, daß die schwächere Wirkung der Chloride und Nitrate des Kaliums im Vergleich mit denjenigen des Natriums ausschließlich durch die

höhere Lage des eutektischen Punktes der letzteren erklärt werden muß, durchaus aber nicht durch eine spezifische Eigentümlichkeit des Kalium-Ions. Das Ca-Acetat bedingt eine bedeutend kleinere Kälteresistenzerhöhung als die Salze der Alkalimetalle; dies kann durch schon früher erwähnte spezifische Eigentümlichkeiten des Ca-Ions erklärt werden, freilich auch durch die verhältnismäßig hohe Lage des eutektischen Punktes (— 11,8 °).

Ungeachtet ihrer alkalischen Reaktion haben die Acetate eine bedeutende Schutzwirkung ausgeübt. Da ich es für wünschenswert hielt zu untersuchen, wie überhaupt die Reaktion der Lösung auf die Kälteresistenz der in sie eingetauchten Gewebe einwirkt, versuchte ich die Kohlschnitte in sehr verdünnten Lösungen von NaHO und von Zitronensäure gefrieren zu lassen. Dabei erwies es sich, daß alle Verdünnungen der Säure von $^1/_{100}$ n und bis $^1/_{5000}$ n die Kälteresistenz des Kohles erniedrigen (schon bei — 5,8 ° gehen alle seine Zellen zugrunde) und nur die Verdünnung bis auf $^1/_{10\,000}$ n ruft keinen schädlichen Einfluß mehr hervor. Die schwachen Konzentrationen der Natronlauge von $^1/_{200}$ n bis $^1/_{1000}$ n zeigen im Gegenteil, wenn auch eine geringe, dennoch aber eine günstige Wirkung: die Anzahl der am Leben gebliebenen Zellen nach dem Gefrieren der Schnitte bei — 5,8 ° in schwach alkalischem Medium war etwas größer als die bei den Schnitten, welche bei derselben Temperatur im Wasser gefroren waren, und ein Teil der Zellen blieb sogar bei Erniedrigung der Temperatur bis — 7,8 ° am Leben.

Zweibasische organische Säuren und ebenso die Oxysäuren sind, wie bekannt, stärkere Säuren und geben beständigere Salze als die einbasischen Fettsäuren; darum konnte ich für meine Experimente eine größere Anzahl dieser Salze gebrauchen. Übrigens sind die Calciumsalze dieser Säuren meist wenig oder gar nicht wasserlöslich und darum gebrauchte ich nur Kalium- und Natriumsalze. Da es sich zeigte, daß die saure Reaktion des Mediums schädlich wirkt, benutzte ich nur Neutralsalze, indem ich sorgfältig die Reaktion ihrer Lösungen auf Lakmus prüfte und im Notfalle dieselbe mit einigen Tropfen Lauge korrigierte. Es wurden Salze folgender Säuren untersucht: der Oxalsäure, Milchsäure, Apfelsäure, Weinsäure und Zitronensäure. Dabei erwies es sich, daß die Oxalate und Tartrate ausgeschlossen, alle übrigen Salze beträchtliche Schutzwirkung besitzen, welche nahe der Schutzwirkung von Glykose oder NaCl steht. Als Beispiele können Versuche mit Lactaten angeführt werden, welche die größte Wirkung äußerten.

Tabelle XIX. Rotkohl. Na-Lactat.

	2 is	1 is	0,5 is	0,25 is	0,1 is	0
— 5,8 °	—	leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8 °	—	leb.	leb.	leb.	3/4 leb.	tot
— 11,1 °	—	leb.	leb.	3/4 leb.	einz. leb.	—
— 17,3 °	leb.	leb.	3/4 leb.	1/4 leb.	tot	—
— 22 °	leb.	3/4 leb.	—	—	—	—
— 32 °	3/4 leb.	1/4 leb.	—	—	—	—

Tabelle XX. Rotkohl. K-Lactat.

	2 is	1 is	0,5 is	0,25 is	0,1 is	0
— 5,8 °	—	leb	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8 °	—	leb.	leb.	leb.	3/4 leb.	tot
— 11,1 °	—	leb.	leb.	1/2 leb.	einz. leb.	—
— 17,3 °	leb.	leb.	3/4 leb.	1/4 leb.	tot	
— 22 °	leb.	leb.				
— 32 °	leb.	1/2 leb.				

Wie wir aus den Tabellen ersehen können, besitzen die Salze beider Alkalimetalle auch hier beinahe gleiche Schutzwirkung. Dabei üben die K-Salze eine etwas stärkere Wirkung aus als die des Natriums — eine Wiederholung der schon in den Versuchen mit Acetaten beobachteten Erscheinung.

Die Tartrate und die Oxalate zeichnen sich, wie wir schon erwähnt haben, vor den übrigen organischen Salzen aus: die Schutzwirkung ist etwas schwächer bei den ersteren und kommt bei den letzeren beinahe gar nicht zum Vorschein. Die Ursache liegt in geringerer Löslichkeit dieser Salze bei niedrigen Temperaturen und in der daraus folgenden hohen Lage des eutektischen Punktes. Besonders scharf kommt dieser Zusammenhang bei den Oxalaten zum Vorschein, bei denen im Gegensatz zu den Chloriden und Nitraten der eutektische Punkt des Kaliumsalzes bedeutend niedriger liegt als bei dem Natriumsalze (— 1,7 ° für $Na_2C_2O_4$ und — 6 ° für $K_2C_2O_4$). Dementsprechend besitzt das erstere noch eine bemerkbare Schutzwirkung, die dem letzteren vollständig abgeht.

Tabelle XXI. Rotkohl. Na-Oxalat.

	1 is	0,5 is	0,25 is	0,1 is	0
— 5,8 °	1/2 leb.	1/4 leb.	einzeln. leb.	einzeln. leb	1/4 leb.
— 7,8 °	1/4 leb.	1/4 leb.	tot	tot	tot
— 11,1 °	tot	tot	tot	tot	—
— 17,3 °	tot	tot	tot	tot	—

Tabelle XXII. Rotkohl. K-oxalat.

	1 is	0,5 is	0,25 is	0,1 is	0
— 5,8 °	leb.	leb.	$^3/_4$ leb.	$^1/_4$ leb.	$^1/_4$ leb.
— 7,8 °	leb.	leb.	$^1/_2$ leb.	einzeln. leb	tot
— 11,1 °	einzeln. leb.	einzeln. leb.	tot	tot	—
— 17,3 °	einzeln. leb.	tot	tot	tot	—

Meine Experimente mit den Salzen abschließend, hielt ich es für nötig hier auch (wie früher bei Untersuchung organischer Nichtelektrolyte), die Schutzwirkung dieser Stoffe an einem Objekt zu prüfen, das äußerst wenig kälteresistent ist, und mich nicht mit einer verhältnismäßig kälteresistenten Pflanze wie Rotkohl zu begnügen. Ich wählte wieder *Tradescantia discolor*. Es erwies sich, daß die Salzlösungen auch bei dieser tropischen Pflanze die Kälteresistenz der Zellen erhöhen können. Wegen der außerordentlichen Zartheit und Empfindlichkeit des Plasmas dieser Pflanze, die schon von DE VRIES bemerkt worden ist, wird sie aber sehr bald durch Salzlösungen geschädigt und deshalb kann die Schutzwirkung der letzteren nicht denselben Grad erreichen, wie in den Experimenten mit Glykose. Als Beispiel führe ich einen Versuch mit Chlornatrium an.

Tabelle XXIII. *Tradescantia*. NaCl.

	1 is	0,5 is	0,25 is	0,1 is	0
— 2,9 °	leb.	leb.	$^3/_4$ leb.	tot	tot
— 5,8 °	leb	$^1/_2$ leb.	tot	tot	—
— 7,8 °	leb.	einzeln. leb.	tot	tot	—
— 11,1 °	leb.	einzeln. leb.	tot	tot	—

Versuche mit organischen Salzen gaben ebensolche Resultate.

Ein Vergleich der mit Salzen organischer und anorganischer Säuren erhaltenen Resultate mit den Ergebnissen der Versuche mit Lösungen organischer Nichtelektrolyte erlaubt uns nicht bloß in den ersteren eine Bestätigung der früheren Ergebnisse zu sehen, sondern gibt uns das Recht, eine Zusammenfassung in allgemeinerer Form zu machen:

1. Das Einbringen der Pflanzengewebe in Wasserlösungen verschiedener Stoffe — wie Zucker, Alkohole verschiedener Wertigkeit, Salze, mineralischer und organischer Säuren — kann die Kälteresistenz der Zellen beträchtlich erhöhen.

2. Die Schutzwirkung der Lösungen kann nicht allein durch die Gefrierpunktserniedrigung erklärt werden: die Kälteresistenz wächst immer bedeutend rascher als die Depression.

3. Der Grad der Schutzwirkung steht in nahem Zusammenhang mit der Lage des eutektischen Punktes der Lösung; sie nimmt nach dem Erreichen dieses Punktes rasch ab. Die Stoffe, deren eutektischer Punkt sehr hoch liegt (Mannit, Na- und K-Sulfat, $Na_2C_2O_4$) zeigen gar keine Schutzwirkung.

4. Isotonische Lösungen von Stoffen verschiedener chemischer Natur, die einen recht niedrig liegenden eutektischen Punkt haben, üben eine fast gleiche Schutzwirkung aus. Diese Schutzwirkung wird aber bedeutend geschwächt, wenn der gebrauchte Stoff einen schädlichen Einfluß auf das Protoplasma ausübt.

Auf Grund der angeführten Resultate wollen wir im folgenden Artikel zur Aufklärung der Natur der Schutzwirkung selbst übergehen.

Botanisches Laboratorium d. K. Forstinstituts St. Petersburg.

---

38. Th. M. Porodko: Vergleichende Untersuchungen über die Tropismen.

II. Mitteilung.

Thermotropismus der Pflanzenwurzeln.

(Mit 2 Textfiguren.)

(Eingegangen am 19. Juni 1912)

Einleitung und Methodisches.

Als Thermotropismus faßt man bekanntlich[1]) alle durch eine Temperaturdifferenz veranlaßten Krümmungsreaktionen zusammen. Die nötige Temperaturdifferenz läßt sich nun auf zweierlei Weise herstellen. Entweder setzt man die orthotropen Organe der Einwirkung eines sich horizontal ausbreitenden Wärmestromes aus, oder man bringt bloß eine Flanke dieser Organe in Berührung mit einer Wärmequelle. Unsere Kenntnisse des Thermotropismus basieren auf Erfahrungen, die nach der ersten Methode gesammelt wurden. In der vorliegenden Mitteilung will ich nun über Ver-

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie II. Aufl. Bd. 2 S. 580.

suche berichten, welche ich nach der zweiten Methode angestellt habe.

Als Versuchsobjekt benutzte ich die Keimwurzeln. Vorgreifend sei bemerkt, daß die negative thermotrope Krümmung ungetrübt nur dann eintritt, wenn die Wurzelspitze allein gereizt wird. Ganz ähnlich verhält es sich aber im Falle des Chemotropismus der Wurzeln, was meine frühere[1]) Methode auch hier anzuwenden gestattete. Die einzige Abweichung bestand in der Reizungsweise der Wurzel. Nur auf diese Eigentümlichkeit der Methode soll nunmehr eingegangen werden.

Als Wärmequelle diente mir ein 500 ccm fassender Erlenmeyer-Kolben, welcher mit dem Wasser von gewünschter Temperatur gefüllt war. Um die Abkühlungsgeschwindigkeit des Wassers zu vermindern, habe ich den Kolben mit Filz umwickelt. Der Filzumschlag wurde mit einem runden Loch versehen, das sich dicht über dem Boden des Kolbens befand. Eben an dieser Stelle hat der Kolben eine stark konvexe Oberfläche, was eine einseitige streng lokalisierte Berührung mit der Wurzelspitze gestattet.

Um die Berührungsoperation auszuführen, nimmt man den Blumentopf[2]) des Versuchsgefäßes ab und stützt ihn mit dem Rand gegen den bedeckten Wandteil des Kolbens etwas oberhalb des Loches auf. Dann zittern die Hände nicht, sodaß die Berührung ununterbrochen dauert. Die Berührungsdauer wurde unter Zuhilfenahme eines Metronomes oder einer Kontrolluhr gemessen. Nach der vollendeten Berührung stellt man den Blumentopf auf seinen Platz zurück. Die Berührung dauert in der Regel kurz, sodaß wachstumshemmende Folgen des Aufenthaltes der Wurzel an der trockenen Luft nicht beobachtet wurden.

Die zu berührende Seite der Wurzelspitze mußte irgendwie vermerkt werden. Dieses geschah in der Regel durch Anbringen einer Tuschemarke in einem schon ausgewachsenen Teil der Wurzel. Letzteres sei besonders betont. Denn eine Tuschemarke, welche in der Wachstumsregion aufgetragen ist, ruft eine ausgesprochen positive Krümmung hervor, die späterhin in eine schwach negative übergeht. Da aber auch bei der thermotropen Reizung der Wurzel die positive Ablenkung der negativen vorangeht, so kann man durch unpassende Markierung leicht zu einem Irrtum geführt werden. Diese Gefahr ist beim Feststellen der Schwellenwerte natürlich besonders groß.

---

1) Porodko, diese Berichte Bd. 30 S. 17—18.
2) Porodko, a. a. O.

Die Temperatur (t_a) der die Wurzelspitze berührenden Kolbenwand wurde aus der betreffenden Temperatur (t_i) des im Kolben befindlichen Wassers berechnet, und zwar nach der Formel: $t_a = (t_i + 4{,}6^0) \cdot 0{,}815$. Diese Formel habe ich auf Grund spezieller auf dem thermoelektrischen Wege angestellten Versuche abgeleitet. Die Temperatur des Wassers wurde immer am Anfang der Berührungsoperation bestimmt. Faktisch sinkt die Temperatur während dieser Operation, jedoch höchstens um ca. 0,1—0,2°.

In den vorliegenden Untersuchungen experimentierte ich ausschließlich mit den ca. 10—20 mm langen Wurzeln von *Lupinus albus*. Wenige mit den Wurzeln von *Helianthus annuus* und *Vicia faba major* angestellte Versuche ergaben übrigens keine wesentlichen Unterschiede.

Alle Versuche sind im Dunkelzimmer bei 19—21° C ausgeführt.

Zum Schluß des methodischen Teiles sei bemerkt, daß alle weiter beschriebenen thermotropen Krümmungsreaktionen keinesfalls auf Rechnung der Berührung selbst mit der Kolbenwand gesetzt werden können. Denn hat das im Kolben befindliche Wasser eine Zimmertemperatur, so bleibt dann eine sogar 5 Min. dauernde Berührung mit der Kolbenwand ohne Einfluß auf die Wurzel. Dieselbe wächst gerade weiter oder höchstens wird sie sehr schwach in der positiven Richtung abgelenkt.

Verteilung der thermotropen Reizbarkeit auf die Wurzel.

Um ein Mißverständnis zu verhüten, soll ausdrücklich betont werden, daß sowohl in diesem als in den folgenden Abschnitten lediglich von dem negativen Thermotropismus die Rede ist.

Wie oben gesagt, wurden thermotrope Krümmungen immer durch einseitiges Erwärmen der Wurzelspitze hervorgerufen. Thermische Reize können somit bereits von der Spitze allein perzipiert werden. Es fragt sich aber, ob und in welchem Grade die nämlichen Reize seitens der Wachstumszone aufgenommen werden können. Um diese Frage zu entscheiden, stellte ich eine Reihe von Versuchen an, wo die Wachstumszone allein einseitig erwärmt wurde. Die Erwärmung erstreckte sich in der Regel auf den vierten und fünften Millimeter der Wurzel und wurde auf oben beschriebene Weise bewerkstelligt. Es erwies sich nun, daß diejenigen Reizmengen, welche der Spitze zugeführt, eine starke negative Krümmung hervorrufen, hier dagegen eine gute positive Krümmung zur Folge haben. Die Biegung entsteht dabei eben dort, wo die Erwärmung statthatte, und ist desto schärfer, je stärker gereizt wurde. Diese Beziehung legt die Vermutung

nahe, daß die in Rede stehenden positiven Krümmungen passiv zustande kommen dürften, und zwar dadurch, daß der erwärmte Wurzelteil seine Wachstumsgeschwindigkeit herabsetzt. Trifft die obige Vermutung zu, so sind diese Krümmungen als traumatische[1]) anzusehen.

Bedingungen und Verlauf der thermotropen Krümmungsreaktion.

Für den Eintritt der thermotropen Krümmung sind zwei Bedingungen maßgebend. Die Wurzel muß gut wachsen. Sehr langsam wachsende Wurzeln reagieren äußerst träge oder gar nicht. Was die Reizung anbetrifft, so muß sie 1. einseitig auf einen $1-1^1/_2$ mm langen Endteil der Wurzelspitze und 2. mit einer bestimmten Stärke einwirken. Die Stärke des thermischen Reizes setzt sich aus zwei Variablen zusammen: der Temperatur und ihrer Einwirkungsdauer. Der Zusammenhang zwischen ihnen ist weiter unten formuliert.

Die thermotrope Krümmungsreaktion verläuft in der Regel in zwei Phasen. Die erste Phase besteht in der Ablenkung der Wurzel nach der positiven Richtung, die zweite Phase — nach der negativen. In beiden Fällen kann die Ablenkung verschieden stark ausgefallen sein: von der schwachen ein paar Teilstriche des Mikrometers ausmachenden Neigung an, über ein schräg[2]) gerichtetes Wachstum, bis zur eigentlichen Krümmung. Im letzteren Fall variiert noch die Größe des Ablenkungswinkels. Unter den Bedingungen meiner Versuchsanstellung betragen positive Winkel etwa 15—20°, negative dagegen meistens 30—60°, zuweilen aber sogar 90—180°.

Gegenseitige Beziehungen beider Phasen stellen sich, abhängig von der Reizstärke, folgendermaßen dar. Wendet man minimale Reize an, so wächst die Wurzel lotrecht weiter oder — und das ist der häufigere Fall — sie wird positiv abgelenkt. Die positive Phase der Reaktion dauert dann den ganzen Tag lang, um erst nachts einer schwachen negativen Krümmung Platz zu machen. Steigert man die Reizung, so wird die positive Phase schwächer und gleicht sich bald aus. Dann beginnt die negative Ablenkung und schreitet bis zu einem gewissen durch die Reizstärke gegebenen Punkt fort, um nachher allmählich ausgeglichen zu werden. Zuweilen komplizieren sich die Verhältnisse dahin, daß nach der Ausgleichung der negativen Krümmung eine erneute positive Ablenkung beginnt, um

1) Pfeffer, a. a. O. S. 591.
2) Porodko, a. a. O. S. 21 sub b.

wiederum in eine negative und oft noch stärkere Krümmung überzugehen. Es macht den Eindruck, als ob die Tendenzen der Wurzel, sich positiv oder negativ zu krümmen, hier miteinander ringen. Verstärkt man den Reiz noch mehr, so verlängert sich wiederum die positive Phase, dafür aber ist dann auch die negative stärker ausgeprägt. Die Ausgleichung der negativen Krümmung tritt hier stark verspätet ein und ist nur eine teilweise. Es entstehen somit S-förmige Krümmungen. Bei den maximalen Reizen wächst die Wurzel entweder gerade weiter oder erzeugt schwache unbestimmte Krümmungen. Übrigens ist hierbei schon das Wachstum z. T. sistiert.

Die negative Phase der thermotropen Krümmungsreaktion ist also durch ein Minimum und ein Maximum der Reizstärke begrenzt; innerhalb dieser Grenzen variieren verschiedene Elemente der Krümmungsreaktion, so z. B. die Reaktionszeit, die Schnelligkeit des Krummwerdens, die Größe und die Stabilität des Ablenkungswinkels usf.

Abhängigkeit der thermotropen Krümmungsreaktion von der Temperatur und ihrer Einwirkungsdauer.

Um diese Abhängigkeit klarzulegen, habe ich die thermotrope Wirkung von sechs Temperaturen untersucht, und zwar von 70°, 60,4°, 52,65°, 50°, 44,5° und 40°. Bei je einer dieser Temperaturen wurde eine Reihe der Versuche angestellt, die sich nur durch ungleiche Berührungsdauer der Wurzelspitze mit der Kolbenwand voneinander unterschieden. Durch Variation der Berührungsdauer suchte ich die Präsentationszeit für negative thermotrope Krümmung bei gegebener Temperatur festzustellen. Individuelle Differenzen im Verhalten einzelner Wurzeln machten es entschieden notwendig, die betreffenden Versuche mehrmals zu wiederholen. Aus Räumlichkeitsgründen kann ich die Protokolle meiner diesbezüglichen, selbst ausgewählten Versuche nicht anführen. Ich beschränke mich nur auf die tabellarische Zusammenstellung der gewonnenen Resultate.

Tabelle.

T \ Z	3	5	10	15	20	40	45	60	120	180	240	270
70	0	×	××									
60,4			0	×	××							
52,65						0	×		××			
50							0	×		××		
44,5									0	×		
40										0	×?	×

Zur Erläuterung der Tabelle sei folgendes bemerkt. Z ist$_t$ Berührungsdauer in Sekunden, T — Temperatur nach Celsius; 0, × und ×× bedeuten, daß die negative thermotrope Krümmung nicht eingetreten bzw. minimal bzw. stark ist; das Fragezeichen zeigt, daß die Reaktion zweifelhaft ist.

Für uns sind also diejenigen Z-Werte von Wichtigkeit, welche dem Zeichen × entsprechen, weil sie die gesuchten Präsentations-

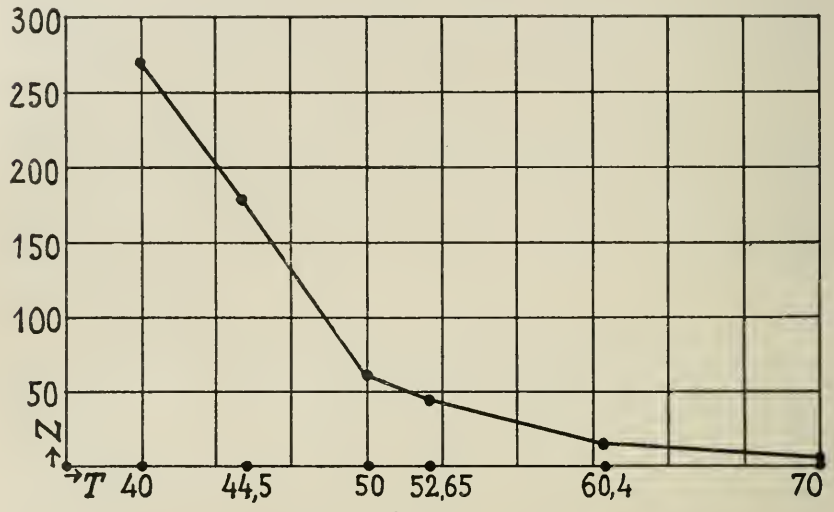


Fig. 1.

zeiten vorstellen. Die Reizschwelle für negative thermotrope Reaktion liegt somit:

bei	70°	und	5 Sek.,
	60,4°	„	15 „
	52,65°	„	45 „
	50°	„	60 „
	44,5°	„	180 „
	40°	„	270 „

Trägt man nun in ein rechtwinkliges Koordinatensystem die T- und Z-Werte ein, so erhält man eine Kurve (Fig. 1), welche der Formel einer Hyperbel entspricht:

$$Z_t = \frac{Z_T\, T^n}{t^n} \qquad (1).$$

Denn[1]) legt man der graphischen Darstellung die Logarithmen unserer Z- und T-Werte zugrunde, so ergibt die Verbindungslinie

1) WILH. OSTWALD, Lehrb. d. allgem. Chem. II. Aufl. Bd. 3, S. 232.

der Schnittpunkte eine Gerade (Fig. 2). Die Gleichung dieser Geraden ist:

$$\lg Z_t = \lg Z_T + n\,(\lg T - \lg t) \qquad (2),$$

woraus man den Wert von n leicht berechnen kann. Im Durchschnitt ist er 7,4 gleich. Führt man diesen Wert in die Formel (2) ein, so kann man aus der einen empirisch gefundenen Präsentationszeit (Z_T) bei der Temperatur T die Präsentationszeiten bei allen möglichen[1]) Temperaturen leicht berechnen.

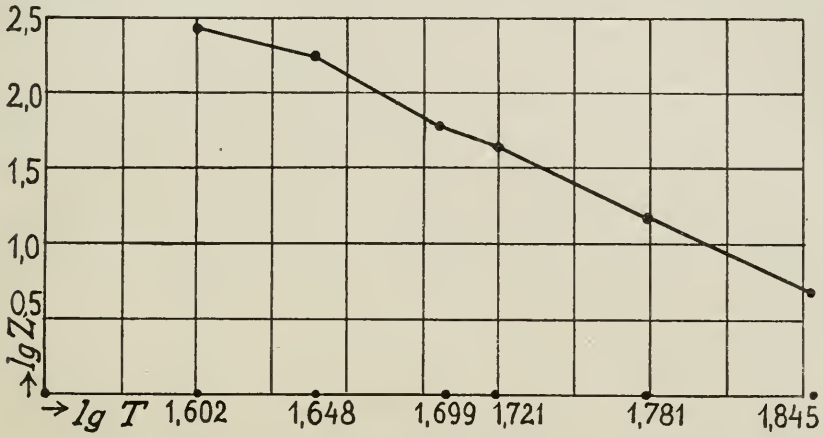


Fig. 2.

Stellt man nun die Gleichung (1) in der Form

$$Z_t\, t^{7,6} = Z_T\, T^{7,6} \qquad (3)$$

dar, so ist klar, daß für den Eintritt der negativen thermotropen Krümmung die Menge der thermischen Energie maßgebend ist. Denn $Z_t\, t^{7,6}$ stellt ja ein Produkt aus der Temperatur und der Berührungsdauer vor. Der letzteren Größe ist wohl die Wärmemenge proportional. Wir sehen also hieraus, daß das bekannte[2]) Reizmengegesetz auch für den negativen Thermotropismus der Pflanzenwurzeln gültig ist.

Das Wesen der Erregung bei dem negativen Thermotropismus.

Vergleicht man sowohl die Bedingungen und den Verlauf der thermo- und chemotropen Krümmungsreaktion als auch die Verteilung der betreffenden Reizbarkeiten untereinander, so ist eine weitgehende Analogie unverkennbar. Im Hinblick darauf lag

1) Ob die Formel außerhalb des geprüften Temperaturspielraums (40°—70°) gilt, habe ich noch nicht untersucht.

2) E. PRINGSHEIM, Die Reizbewegungen der Pflanzen. S. 66, 160 u. ff

die Vermutung nahe, daß auch die Erregungsvorgänge beider Tropismen ähnlich sein dürften. Theoretisch sah diese Vermutung ganz plausibel aus, weil die Eiweißkoagulation sowohl durch chemische als durch thermische Energie hervorgerufen werden kann. Es mußte nun eine experimentelle Prüfung dieser Vermutung vorgenommen werden.

1. Bei der Bestimmung der Präsentationszeiten wurde der physiologische Effekt, sofern die erste Spur der Krümmung in Betracht kam, immer konstant gehalten. Solchen Krümmungen liegen offenbar auch die Erregungen der gleichen Intensität zugrunde. Die Formel (3) ist somit für den Eintritt der der Reizschwelle entsprechenden Erregung gültig. Blicken wir von diesem Standpunkt aus auf unsere obige Vermutung. Wenn die Erregung beim negativen Thermotropismus wirklich in einer thermischen Koagulation des plasmatischen Eiweißes in den affizierten Zellen der Wurzelspitze bestehen sollte, so müßte auch die Eiweißkoagulation eine durch die Formel (3) ausgedrückte Funktion der Temperatur und ihrer Einwirkungsdauer sein. Ist dies aber wirklich der Fall? Einen gewissen Aufschluß über diese Frage geben uns die Untersuchungen von CHICK und MARTIN[1]). In den ersten zwei Kolonnen der III. und IV. Tabelle finden wir die Zeiträume, welche nötig sind, damit eine gleiche Menge der Proteine bei verschiedenen zwischen 60° und 77° liegenden Temperaturen koaguliert. Unterziehen wir diese Werte derselben Bearbeitung, wie die unsrigen oben erfahren haben, so erhalten wir für das Eieralbumin die Formel $Z_t\, t^{44} = Z_T\, T^{44}$, für das Hämoglobin dagegen $Z_t\, t^{17{,}4} = Z_T\, T^{17{,}4}$. Hieraus ist ersichtlich, daß sowohl die thermische Eiweißkoagulation wie die negative thermotrope Erregungs- bzw. Krümmungsfähigkeit in analoger Weise von der Menge der thermischen Energie abhängt. Der einzige Unterschied bezieht sich auf den Wert des Exponenten. Wovon dies abhängt, läßt sich ohne weiteres nicht sagen. Möglicherweise dürfte man die Ursache dieses Unterschiedes z. T. im folgenden zu suchen haben. CHICK und MARTIN untersuchten die Koagulation der Proteine im eigentlichen Sinne des Wortes, d. h. die grobe Fällung. Dieselbe fand z. B. bei 69° erst nach einigen Minuten statt. Wäre es aber, wie bei uns, Sekunden erwärmt, so würde die Eiweißlösung nur innere, in der Verminderung des Dispersitätsgrades bestehende Zustandsänderungen erleiden. Vermutlich würde sich unter diesen Umständen auch der Exponent vermindern.

1) Journ. of Physiology vol. 40 p. 404.

2. Es ist längst bekannt, daß die thermische Koagulation der Eiweißlösung durch Zusätze verschiedener Stoffe sowohl begünstigt als gehemmt werden kann. Es erhebt sich alsbald die Frage, wie die negative thermotrope Krümmungsfähigkeit sich unter analogen Bedingungen verhalten wird. Um diese Frage zu lösen, habe ich die Wurzelspitze zunächst mit der Lösung des zu prüfenden Stoffes in eine ca. 30 Minuten dauernde Berührung gebracht und erst dann einseitig erwärmt. Die Berührung mit den Stoffen war all- oder einseitig. Im ersteren Fall trägt man den kleinen Tropfen der Lösung auf die Wurzelspitze auf, im letzteren setzt man auf die zu erwärmende Spitzenseite ein mit der Lösung befeuchtetes Papierstückchen[1]) auf. Vor dem Erwärmen wurde der Überschuß der Lösung von der Wurzelspitze entfernt. Für diesbezügliche Versuche habe ich die Salzsäure und den Harnstoff angewandt, und zwar in den Konzentrationen, welche für sich chemotrop noch nicht wirksam sind. Es ergab sich, daß die negative thermotrope Wärmewirkung durch Säure mächtig gesteigert, durch Harnstoff stark erniedrigt wird. In ganz analoger[2]) Weise beeinflußt nun der Zusatz der genannten Stoffe auch die thermische Koagulation der Eiweißlösung.

Zum Schluß der vorliegenden Mitteilung fassen wir den Inhalt des letzten Abschnitts kurz zusammen. Es wurde die Vermutung ausgesprochen, daß die Erregung im Falle des negativen Thermotropismus in einer thermischen Koagulation des plasmatischen Eiweißes in den affizierten Zellen der Wurzelspitze bestehen dürfte. Zum Beweis dieser Vermutung wurde geprüft, ob die sich aus derselben ergebenden Konsequenzen mit den Erfahrungen der physikalischen Eiweißchemie in gutem Einklang stehen. Es stellte sich wohl klar heraus, daß eine weitgehende Analogie zwischen der negativ thermotropen Krümmungsfähigkeit und der Koagulierbarkeit der Eiweißlösung tatsächlich besteht. —

Odessa, d. 17. Juni 1912.

Botanisches Laboratorium der Universität.

---

1) Porodko, a. a. O. S. 18.

2) Vgl. Spiro, Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. 30, S. 182; Chick und Martin, a. a. O.

39. W. Magnus und B. Schindler: Über den Einfluß der Nährsalze auf die Färbung der Oscillarien.

(Eingegangen am 20. Juni 1912.)

Die Farbe der Cyanophyceen und besonders der Oscillarien wechselt im natürlichen Vorkommen bei den gleichen Arten in ziemlich weiten Grenzen. Es erregte berechtigtes Aufsehen, als GAIDUKOV nachwies, daß in farbigem Licht dieser Farbwechsel in der Weise erfolge, daß im wesentlichen die zu dem einwirkenden Licht komplementären Farben zustandekommen. So nahm die von ihm hauptsächlich untersuchte *Oscillaria sancta forma violacea* Gaid. in rotem Licht eine grünliche, in gelbbraunem Licht eine blaugrüne, in grünem Licht eine rötliche und in blauem Licht eine braungelbe Färbung an. Im Anschluß an die ENGELMANNsche Theorie, daß die zur jeweiligen Farbe der Algen komplementäre Lichtart die stärkte Assimilation bedingt, folgert GAIDUKOV, daß die untersuchten Oscillarien imstande sind, die für die Assimilation zweckentsprechendste Farbe anzunehmen und nennt diese Fähigkeit „chromatische Adaptation". — Später berichtet GAIDUKOV, daß schon nach 10stündiger Bestrahlung im intensiven, durch den elektrischen Lichtbogen erzeugten Spektrum die anfangs blaugrünen Kulturen von *Phormidium tenue* in allen Strahlen von Grün bis Violett gelb bis braungelb gefärbt wurden, in roten und gelben Strahlen dagegen blaugrün blieben. „Die Schnelligkeit dieses Prozesses zeigt, daß es sich hier um die direkte Farbenveränderung der alten Zellen handelt und nicht um die Erzeugung neuer Zellen mit anders gefärbten Chromophyllen." — Die GAIDUKOVschen Untersuchungen scheinen aber noch ein weiteres Ergebnis von allgemeinster Bedeutung zu bieten. Die durch Einwirkung monochromatischen Lichts erworbene Farbe der Oscillarien erhält sich in weißem Licht und vererbt sich auf jüngere Zellgenerationen, die dem betreffenden Licht gar nicht ausgesetzt waren. Die Theorie von der Vererbung erworbener Eigenschaften hatte durch dies Ergebnis einen wesentlichen Stützpunkt gefunden. — Die GAIDUKOVsche Hypothese wurde seitdem durch NADSON, SCHORLER und jüngst besonders durch DANGEARD gestützt.

Es kann nun aber nicht daran gezweifelt werden, daß noch andere Ursachen für den Farbenwechsel der Oscillarien in Betracht kommen können.

Von den Angaben P. RICHTERs ganz abgesehen, sprechen OLTMANNS, NADSON, O. RICHTER und MOLISCH die Vermutung aus, daß auch die Intensität des Lichtes in Betracht zu ziehen ist. Ferner läßt sich aus BRUNNTHALERS Angaben über *Gloeothece* vermuten, daß Ernährungsbedingungen von Einfluß sein möchten.

Bei der Wichtigkeit der GAIDUKOVschen Beobachtungen erschien es also notwendig, seine Versuche unter möglichster Vermeidung von Fehlerquellen einer Nachprüfung zu unterziehen und zu untersuchen, ob vielleicht von ihm nicht berücksichtigte Faktoren einen analogen Farbwechsel hervorzurufen imstande sind.

Als Versuchsobjekte dienten eine *Phormidium autumnale* Gom. sehr nahestehende Art, die in dunkel-schwarzgrünen Rasen die Erde von Blumentöpfen überzog und eine spangrüne *Oscillatoria formosa* Bory nahestehende Form, die im Wasser eines Aquariums auftrat.

Von beiden Spezies wurden auf Agar-Agar und Gipsplatten, die mit Nährlösung getränkt waren, Speziesreinkulturen angelegt, die während der fast zweijährigen Dauer der Untersuchung frei von anderen Algen und Pilzen gehalten werden konnten, jedoch nicht frei von Bakterien zu bekommen waren. Nach 2jähriger Kultur hatten die Algen noch die gleichen morphologischen und physiologischen Eigenschaften wie das Ausgangsmaterial. Als Nährlösung wurde eine etwas modifizierte KNOPsche und die MOLISCHsche mit und ohne Calciumsulfat verwendet. Auf diesen Nährmedien gedeihen bei alkalischer Reaktion die Oscillarien ausgezeichnet. — Nach einiger Zeit traten aber bei allen in diffusem, weißen Tageslicht gehaltenen Kulturen Farbenveränderungen auf.

Die schwärzlichen Rasen von *Phormidium* wurden braunschwarz, schließlich braungelb und gelb, die spangrünen von *Oscillatoria* reingelb. Der Farbwechsel begann regelmäßig zuerst am Impffleck, um sich dann schließlich über die ganze Kultur zu verbreiten. — Wurden die gelben Fäden auf eine neue Kultur übergeimpft, färbten sie sich, noch ehe sie sich im Agar weiter ausbreiteten, dunkler, bis sie wieder die schwärzliche resp. spangrüne Ausgangsfarbe angenommen hatten. Waren also diese Farbenveränderungen auch in weißem Licht eingetreten, so war doch die Möglichkeit vorhanden, daß im farbigen Licht die der komplementären Adaptation entsprechenden Farbenveränderungen auftreten.

Es wurden deshalb, nach der von GAIDUKOV angewandten Methode, die Kulturen unter doppelwandige SENEBIERsche Glocken gebracht, die mit farbigen Lösungen gefüllt waren. Als gelbrotes Filter diente Kaliumbichromat, als grünes Kupferchlorid, als blaues Kupferoxydammoniak.

Die Kulturen blieben mehr als vier Monate unter den Glocken. Ihre Entwicklung nach dieser Zeit war sehr verschieden. Mit abnehmender Wellenlänge war die Entwicklung immer mehr verlangsamt, daß heißt, sie hatte unter Einwirkung der roten Strahlen ihr Maximum erreicht, während unter Einwirkung der blauen Strahlen die geringste Entwicklung erfolgte. Auch in diesen Kulturen trat eine Farbenveränderung auf, die sich aber in keiner Weise von der der in weißem Licht gezogenen Kontrollkulturen unterschied. Sowohl unter der roten als auch grünen Glocke traten gelbe und gelbbraune Töne auf, während unter der blauen die ursprüngliche schwärzliche, resp. spangrüne Farbe erhalten blieb. Farbenveränderungen im GAIDUKOVschen Sinne blieben dagegen vollkommen aus. Besonders bemerkenswert erscheint, daß die unter blauem Licht schwach entwickelten Oscillarien gerade ihre ursprüngliche Farbe behielten und nicht einen braungelben Ton annahmen, der nach der GAIDUKOVschen Theorie für sie von wesentlichem Vorteil hätte sein müssen. — Versuche, etwa eine chromatische Adaptation in intensiv monochromatischem Licht, das von einer elektrischen Bogenlampe ausging, zu erzielen, hatten ebensowenig Erfolg. Es zeigte sich aber bei diesen Versuchen eine Erscheinung, die für die abweichenden Resultate anderer Forscher eine Erklärung liefern dürfte. Etwas ältere Kulturen von *Oscillatoria*, die schon einen leicht gelbgrünen Ton angenommen hatten, wurden zu einer Hälfte durch schwarzes Papier beschattet, während die andere intensiv grünem Lichte ausgesetzt war. Nach relativ kurzer Zeit war die belichtete Hälfte weit intensiver grün geworden, während die beschattete deutlich gelb erschien. Dies kommt so zustande, daß schon in einem Teil der Fäden eine Umfärbung nach Gelb stattgefunden hat, während die anderen Fäden noch die ursprüngliche grüne Farbe besitzen. Letztere sind viel stärker heliotropisch reizbar und wandern alle nach der belichteten Schalenseite, und die gelben bleiben zurück. Es dürfte mit Sicherheit anzunehmen sein, daß die schnelle Farbenveränderung, welche GAIDUKOV durch Bestrahlung von *Phormidium* mit intensivem Spektrum erzielte, auf einen ähnlichen Faktor zurückzuführen ist.

Ebenso dürfte auch DANGEARD einer gleichen Fehlerquelle zum Opfer gefallen sein. Er arbeitete mit einer Oscillarie, von

der er angibt, daß sie *Lyngbya versicolor* am nächsten gestanden habe. Er ging von orangegelben Kulturen aus, die er mittels seines Spektrophors einem hellen Spektrum in einer Kulturröhre unterwarf. Es stellte sich nun heraus, daß schon nach relativ kurzer Zeit im roten Teile des Spektrums ein Farbenumschlag nach Grün stattfand, während in allen übrigen Teilen des Spektrums die gelbe Farbe erhalten blieb. Nach unseren Versuchen läßt sich daraus keineswegs auf eine chromatische Adaptation schließen, die sich dann ja auch in den übrigen Teilen des Spektrums hätte dokumentieren müssen. Es ist vielmehr anzunehmen, daß sich zwischen den gelben Fäden noch grüngefärbte befanden, die nun nach dem ihnen am meisten zusagenden Lichte wanderten, resp. daß es sich um Fäden handelte, welche unter günstigen Kulturbedingungen wieder ihre grüne Farbe annahmen.

Da wenigstens für die von uns untersuchten Oscillarien also eine chromatische Adaptation nicht vorhanden ist, mußte der Grund der Farbenveränderung ein anderer sein.

In unseren Kulturen nun stellte sich nach einer gewissen Zeit stets eine Farbenveränderung ein, und beim Überimpfen auf neue Nährboden trat stets die alte Färbung wieder auf. So lag es nahe, die Farbenveränderung nach den braunen und gelben Farbentönen mit Nährstoffmangel in Verbindung zu bringen. Die Richtigkeit dieser Vermutung läßt sich durch Parallelkulturen beweisen. Es zeigt sich, daß mit steigender Konzentration des Nährmediums der Eintritt des Farbwechsels immer weiter hinausgeschoben wird. Das gleiche ist der Fall, wenn eine größere Menge Nährsubstrat den Algen in den Kulturen zur Verfügung steht. Je höher die Konzentration steigt, desto mannigfaltiger sind bei *Phormidium* die Farbentöne, die beim Farbenwechsel durchlaufen werden.

Grünliche, rötliche, bräunliche, gelbliche Töne treten auf, und je konzentrierter die Nährlösung ist, desto tiefer ist auch der den Beginn des Farbenwechsels kennzeichnende Farbenton. Es gelingt nun aber auch, diejenigen Kulturen, die bereits einen Farbwechsel aufweisen, dadurch ihre alte Farbe wieder annehmen zu lassen, daß neue Nährflüssigkeit der alten Kultur zugefügt wird. Wird in einer solchen Agarkultur ein Loch im Agar herausgeschnitten und neue Nährflüssigkeit hineingegossen, so läßt sich sehr bald erkennen, wie von dieser Stelle aus die Umfärbung in den ursprünglichen Farbenton einsetzt.

Hat somit der Nährsalzgehalt eine ausschlaggebende Bedeutung für die Umfärbung der Oscillarien, ist die Intensität der Belichtung gleichfalls von sichtbarem Einfluß. Kulturen, die unmittelbar am

Fenster gewachsen sind, zeigen einen früheren Farbenwechsel wie die weit vom Fenster entfernt stehenden. Dennoch muß der Lichteinfluß als von mehr sekundärer Bedeutung angesehen werden. Durch stärkere Beleuchtung wird die CO_2-Assimilation gefördert. Es kann nun als sicher angenommen werden, daß in einem wenigzelligen, autotrophen Organismus sich Nährstoffaufnahme und Wachstum nach den durch die Assimilation zur Verfügung stehenden Kohlehydraten richten werden. Je größer bis zu einem gewissen Grade also die Bestrahlung ist, desto intensiver und schneller wird der Verbrauch der Nährsalze stattfinden. — Noch eine andere Erscheinung läßt auf das starke Nährstoffbedürfnis der Oscillarien schließen. In schwächer konzentrierten Agarkulturen wandern die Oscillarien in konzentrischen Zonen vom Impffleck fort, augenscheinlich nach den Stellen der ihnen zusagenden Nährstoffkonzentration. Deshalb steht auch Zonenbildung und Farbenwechsel in zeitlichem Zusammenhang.

Es wurde bisher nur ganz allgemein von Nährsalzen gesprochen. Indem nur ein Salz als Nährsubstrat den Algen geboten wurde und bei positivem Ausfall Basen und Säureanteil in anderer Kombination angewendet wurden, kann mit Sicherheit festgestellt werden, daß ein zu geringer Stickstoffgehalt im Nährboden im wesentlichen allein die Umfärbung bedingt. Durch Stickstoffzufuhr wird das Wiederauftreten der ursprünglichen Farbe herbeigeführt, und es ist gleich, ob dieselbe als Nitrat oder Ammoniumsalz erfolgt. — Die Regeneration der ursprünglichen schwärzlichen und spangrünen Farbe ist von der Gegenwart des Lichtes unabhängig und erfolgt auch bei völligem Lichtabschluß. —

Ist nun der von uns bei *Phormidium* und bei *Oscillatoria* gefundene Farbwechsel den von GAIDUKOV beobachteten an die Seite zu stellen oder ist er von ihm als prinzipiell verschieden anzusehen?

Untersuchungen über den Gehalt an den verschiedenen in den Cyanophyceenzellen vorhandenen Farbstoffpigmenten, die mit den gebräuchlichen Methoden vorgenommen wurden, dürften darüber Aufschluß geben. Der Chlorophyllgehalt nimmt mit dem Fortschreiten des Farbenumschlags nach Gelb stark ab, kann aber, wenn auch nur noch in Spuren, noch in reinem Gelb nachgewiesen werden. Das gelbe Pigment („Karotin") läßt sich in allen Stadien auffinden. Anders dagegen verhält sich der dritte Farbstoff, das Phycocyan, das in *Phormidium* in einer rotvioletten, in *Oscillatoria* in einer bläulichen Modifikation auftritt. Seine Menge verringert sich ebenfalls, je weiter der Farbwechsel vorwärtsschreitet. Es

verschwindet aber bei einem bestimmten Grad des Farbenwechsels vollkommen.

Daß es sich nun aber bei den GAIDUKOVschen Farbenveränderungen hauptsächlich um das Verschwinden des Phycocyans gehandelt hat, scheint aus seinen eigenen Angaben zu folgen. „Nur die Helligkeitsminima II, IIa und IIIa (im Absorptionspektrum der Blaualgen) können verschwinden und wieder erscheinen[1])." Da aber die Helligkeitsminima II, IIa dem Phycocyanband entsprechen[2]), so scheinen die Farbenveränderungen in ganz ähnlicher Weise wie bei unseren Versuchen vor sich gegangen zu sein, und es liegt kein Grund vor, die von uns beobachteten Farbenumschläge nicht als gleichartig den von GAIDUKOV beobachteten anzusehen.

Unsere Farbenveränderungen sind nun, wie wir sehen, völlig unabhängig vom Einfluß farbigen Lichtes, und es liegt die Vermutung nahe, daß auch die von GAIDUKOV beobachteten Farbenveränderungen zum Teil oder vielleicht sogar ganz, gleichen Ernährungsstörungen zuzuschreiben sind. Wenigstens muß seine Theorie der chromatischen Adaptation so lange als unbewiesen gelten, bis nicht unter Berücksichtigung des Einflusses der Nährsalze auf die Färbung seine Versuche eine Wiederholung und Bestätigung erfahren haben. Doch dürfte eine solche Bestätigung sehr zweifelhaft sein. — Es wird aber nicht unberechtigt sein, sich nach einer anderen Erklärung für den Farbwechsel durch Nährsalz- und speziell Stickstoffmangel umzusehen. Man könnte sich vielleicht damit begnügen, in den durch Phycocyanmangel ausgezeichneten Stadien bisher für Oscillarien unbekannte Dauerzustände zu sehen, die geeignet erscheinen, ungünstige Lebensbedingungen zu überdauern. Unsere Experimente lassen aber die Farbenveränderung als ganz bestimmte ökologische Anpassung erscheinen.

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal den Entwicklungsgang einer Kultur, so sehen wir, daß durch die allmähliche Vermehrung und das stärkere Wachstum der Fäden die Nährsubstanz aufgezehrt wird. Geht nun die Assimilation ungestört fort, so wird bald der Augenblick eintreten, wo die für das normale Wachstum der Zellen nötigen Nährsalze nicht mehr vorhanden

1) GAIDUKOV, N., Die Farbenveränderung bei den Prozessen der komplementären chromatischen Adaptation. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. Bd. XXI, 1903, S. 519.

2) Derselbe, Zur Farbenanalyse der Algen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. Bd. XXII, 1904, S. 24.

sind. Wachsen und teilen die Zellen sich nicht weiter, so würde also bei fortdauernder Assimilation im Innern der Zelle durch die Anhäufung von Kohlehydraten das physiologische Gleichgewicht der Fäden schwer gestört werden. Wachsen aber die Fäden, ohne daß genügend Nährsalze zur normalen Bildung neuer Zellen zur Verfügung stehen, würden sie bald degenerieren und schließlich absterben. Die Ökologie der Gelbfärbung bestände also darin, daß die für die Assimilation wirksamen Farbstoffe sich vermindern, oder schließlich gänzlich verschwinden. In diesem Sinne könnte man dann auch von einem „Ruhezustand" sprechen, da die Nahrungsaufnahme nach jeder Richtung hin ganz oder fast ganz unterdrückt ist.

Und so ist es auch immerhin möglich, daß bei gleich minimaler Nährsubstanz die Verfärbung beschatteter Kulturen eine Verzögerung erleidet, weil durch die stark verminderte Assimilation die durch Nährstoffmangel eintretenden Stoffwechselstörungen sich weniger stark bemerkbar machen.

Die von uns beobachteten Farbenwechsel von *Phormidium autumnale*, *Oscillatoria formosa* und *Oscillaria limosa* würden also ökologisch im schärfsten Gegensatz zu der behaupteten chromatischen Adaptation stehen. Während dort der Nutzen in einer die Assimilation begünstigenden Farbenveränderung liegen soll, wird der Nutzen unseres Farbenwechsels gerade in einer Herabsetzung der Assimilation zu sehen sein. Die Farbenveränderung ist für die Pflanze nützlich, weil nur so schwere Stoffwechselstörungen vermieden werden können.

Für die näheren Beschreibungen der Kulturen, Versuchsprotokolle und Literatur muß auf die im Manuskript fertig vorliegende Arbeit von B. SCHINDLER „Über die Farbenveränderungen der Oscillarien" hingewiesen werden.

Botanisches Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin. Mai 1912.

40. C. Wehmer: Uber Pigmentbildung bei Merulius lacrymans Schum.

(Mit 3 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 21. Juni 1912.)

Unter gewöhnlichen Verhältnissen in Bauten auf Holz wachsend, zeigt *Merulius* bekanntlich nur hin und wieder eine Verfärbung seiner Mycelien ins Citronengelbe, auch ein schwach rötlicher Ton kann vorhanden sein; die Hyphen sind gewöhnlich farblos, jung schneeweiß, Häute und Stränge aschfarben. Allerdings kommt es z. B. bei Kellerculturen vor, daß alle diese Teile schließlich ihren reinen Ton verlieren und gelblich bis schmutzigbraun werden, alte Mycelhäute samt Strangbildungen dann also in der Farbe den Sporen nahekommen. In welchem Maaße dieser Pilz seine Farbe zu ändern vermag, zeigen am besten künstliche Culturen, in ihnen läßt sich eine überraschende Mannigfaltigkeit der Färbung feststellen; neben hellgelb findet man goldgelb, chokoladebraun, braunrot und selbst ein leuchtendes dunkelkirschrot als Farbe der vegetativen Mycelien, je nach Fall und Umständen. Es ist mir kein Pilz bekannt, der bei künstlicher Zucht in Reincultur eine solche Zahl von Pigmenten hervorbringt,

Am häufigsten und regelmäßigsten auftretend beobachtet man den leuchtend hellcitronengelben Farbstoff, er fehlt fast keiner Cultur, wenn sie nur genügend lange ausgedehnt wird, nicht selten ist er aber schon von Anfang an da. Er hat auch bereits wiederholt die Beobachter beschäftigt, die schön gelbe Farbe solcher *Merulius*-Mycelien ist nicht zu übersehen; genaueres über ihn ist bislang nicht festgestellt, die früheren Untersucher[1]) sind sich

1) K. HOFFMANN läßt das Auftreten des gelben Farbstoffes an wachstumshemmende Einwirkungen gebunden sein, Infectionen und allzuhohe Temperatur wirkten aber keineswegs stets in diesem Sinne („Wachstumsverhältnisse einiger holzzerstörenden Pilze", Dissert. Halle 1910, 112). MEZ weist auf ungünstige Ernährungsbedingungen im allgemeinen hin („Der Hausschwamm und die übrigen holzzerstörenden Pilze", Dresden 1908, 49). VON TUBEUF läßt die Frage offen (s. unten). R. FALCK läßt in der gegebenen Diagnose „beeinträchtigte" Stellen des Mycels gelb sein, erwähnt aber nicht, worauf diese Angabe fußt (Hausschwammforschungen, 1909, 3. Heft, VIII).

Braune oder rotbraune Farbe des Mycels ist bislang von keinem Beobachter gesehen, es werden nur weiß, grau und gelb angegeben.

nur darin einig, daß sein Auftreten die Folge störender Umstände ist (ungünstige Ernährung, zu hohe Temperatur, Infection, Folge nicht näher praecisierter Schädigung). Das ist aber kaum der Fall.

Durch Variation der Nährlösungszusammensetzung bez. der Beschaffenheit des festen Nährbodens habe ich versucht, den Bildungsbedingungen nachzugehen, es hat sich da aber wenig Bestimmtes ergeben. Lediglich läßt sich feststellen, daß es sich um einen Stoff handelt, der überaus häufig auch unter ganz normalen Verhältnissen und keineswegs als Folge schädlicher Einflüsse entsteht[1]); für letztere Annahme ist auch bislang ein Beweis nicht beigebracht, das müßte experimentell eindeutig gezeigt werden. Grade üppig wachsende Culturen, z. B. auf gekochten Kartoffeln, färben sich bisweilen alsbald intensiv gelb, langsamer wachsende Vegetationen auf verschiedenen Zuckerarten lassen das spät, aber doch fast ausnahmslos hervortreten.

Für meine Culturen verwende ich ungehopfte Brauereiwürze (auf 4 % ca. verdünnt) mit Gelatine (10 %) oder Agar (3 %) versetzt oder ohne Zusatz[2]), gekochte Kartoffeln, Kartoffel-Stärkekleister (10 %) mit Mineralsalzen (– Ammonnitrat, prim. Kaliumphosphat, Magnesiumsulfat krist., im Verhältnis 1 : 0,5 : 0,25, Concentration 0,5 % —), Dextrose und andere Zucker (3—5 %) mit den gleichen Salzen, von denen das Ammonnitrat auch durch Asparagin ersetzt wurde. Die im strömenden Dampf sterilisierten mit Wattestopfen verschlossenen Kolben (meist ERLENMEYER-K. mit 50—100 cc Substrat) wurden in üblicher Weise mit Mycel aus Reincultur beimpft, sie wuchsen bei constanter Zimmertemperatur im zerstreuten Tageslicht. Einzelheiten, auf die ich ausführlicher bei anderer Gelegenheit zurückkomme, übergehe ich hier und gebe lediglich einen kurzen Abriß der Resultate.

Die Gelbfärbung erstreckt sich, wie bekannt, in der Regel nur über einzelne Teile des vorher schneeweißen Luft-Mycels, ihr Umfang ist sehr variabel, gewöhnlich handelt es sich um junge Hyphen, seltener um schon ältere Teile der weißen Decken; nach langer Zeit tritt sie erst in den langsam wachsenden Culturen auf,

---

1) Darauf wies ich bereits bei anderer Gelegenheit hin („Der wachstumshemmende Einfluß von Gerbsäuren auf *Merulius lacrymans*“ etc. Mycolog. Centralbl. 1912. Heft 5. 154).

2) Von früheren Untersuchern ist oft „Malzextract“ ohne Angabe der Marke verwendet; solcher enthält bisweilen Antiseptica.

nur in ganz seltenen Fällen habe ich sie überhaupt nicht eintreten sehen. Man darf die Culturen natürlich nicht nach wenigen Wochen abbrechen, bei den meist ungemein träge wachsenden Vegetationen auf solchen Nährlösungen können Wochen und Monate bis dahin vergehen; eine Reihe solcher (ca. 30 Kolbenversuche) führe ich seit rund 10 Monaten, in allen ist nicht nur die bekannte Gelbfärbung früher oder später aufgetreten, das Mycel hat sich überdies noch großenteils braun, kupferfarben und kirschrot gefärbt. Diese Culturen sind nicht etwa abgestorben, Aussaaten geben neue Vegetationen, das Luft-Mycel vergrößert sich fortdauernd langsam und ist auch in seinen älteren Teilen wohlerhalten, also nicht zusammengefallen, was bei Störung, etwa durch Öffnen des Kolbens, sogleich stattfindet. Auch das Mitspielen von Infectionen scheidet völlig aus.

Der Farbstoff verschwindet in der Regel nicht wieder, sondern bleibt Monate erhalten; trockene Kartoffelculturen sind noch canariengelb. Es ist auffällig, daß die Pigmentbildung trotz ihres häufigen Vorkommens tatsächlich doch so wenig regelmäßig ist, irgendwelche für ihr Eintreten bestimmende Momente sind aber kaum anzugeben. Die Art der Nahrung ist im allgemeinen ohne nachweisbaren Einfluß, das Gelbwerden tritt auf Lösungen von Traubenzucker ebenso gut auf, wie bei Verwendung von Milchzucker, Maltose, Mannose, Dextrin, Stärkekleister, Glycerin u. a. als Kohlenstoff-Quelle, auf Kartoffel wie auf Würze.

Trotzdem scheint mir die Art der Ernährung doch nicht so ganz ohne Bedeutung, besonders auffällig war die Gelbfärbung z. B. auf Stärkekleister mit Asparagin gegenüber Ammonnitrat als Stickstoffquelle, auf Würzeagar mit Gallussäure-Zusatz (0,5—1 %), gelegentlich auch auf gekochten Kartoffeln, regelmäßig und schon von Anfang an auf Glycerin mit Nährsalzen; Holzculturen im Kolben zeigten sie seltener, kaum ausgesprochen war sie auf Xylan, völlig fehlte sie bislang auf Citronensäure (3 %) mit Nährsalzen, übrigens — ähnlich dem Glycerin — einem für *Merulius* sehr minderwertigem Substrat.

Offenbar handelt es sich ja um irgend ein Stoffwechselproduct des Pilzes, und zwar um ein wasserlösliches, die Schwierigkeit liegt aber darin, daß es gewöhnlich nur in einem Teil der Hyphen erscheint. Übrigens entsteht das Pigment sowohl im Luftmycel wie in den Substrathyphen, in diesen wird es aber sogleich von der Nährlösung aufgelöst, sodaß die in ihr flottierenden

Hyphen stets farblos, die Flüssigkeit selbst aber hellgoldgelb ist. Sobald das Luftmycel sich zu färben beginnt, nimmt die Zuckerlösung also gleichfalls gelbe Farbe an, solange jenes farblos, ist auch diese ungefärbt. Das spricht nicht für einen an Fett gebundenen Farbstoff[1]), microscopisch verteilt sich die Farbe gewöhnlich auch auf den ganzen Zellinhalt. Selbst microchemisch ist einem in so geringer absoluter Menge vorhandenen und mit allerlei anderen Substanzen gemischten Stoff schwer beizukommen.

Mit zunehmendem Alter der Cultur kommen zu dieser gelben noch weitere Farben.

Braun bis kirsch- und kupferrot können ganze Mycelteile des Pilzes in und auf Zuckerlösungen mit der Zeit werden, besonders hübsch tritt letztere Farbe unter dem Microscop hervor, gewöhnlich, aber regelmäßig, ist die Erscheinung erst in monatealten Culturen wahrnehmbar, ausnahmsweise sah ich sie sogleich nach der Aussaat sich entwickeln. Rubin- bis dunkelkirschrote Farbe habe ich besonders auffällig an den submersen Mycelien von Stärkekleister-Culturen mit Asparagin als Stickstoffquelle beobachtet, auch sie betrifft ganze 2 bis 3 cm im Dm haltende Fadenmassen, braunes Pigment war hier überhaupt kaum entwickelt, das üppige Luftmycel war schneeweiß mit starker Verfärbung in citronengelb, der Kleister selbst einschließlich der durch die Amylase verflüssigten Anteile gelb. Diese Farben sind an die Hyphe gebunden (unlöslich).

Die Mannigfaltigkeit in der Färbung der Mycelien dieses Pilzes ist bemerkenswert, an ein und derselben Cultur können alle Töne von schneeweiß, citronengelb, goldgelb, hellchokoladebraun bis rotbraun und kirschrot nebeneinander auftreten, so ein eigenartig schönes Bild gebend; von der Flüssigkeitsoberfläche an der Kolbenwand emporsteigend, wird der Farbenton zonenweis immer heller und zarter. Gerade ältere Culturen auf Zuckerlösungen sind deshalb trotz ihrer trägen Entwicklung für die Beurteilung des Pilzes nach dieser Seite hin nicht ohne Bedeutung. Man muß also auch bei *Merulius* schließlich mit dem Vorkommen stark gefärbter Mycelien rechnen, seine Teile sind keineswegs notwendig stets farblos, gelblich oder grau, wie man solches gewöhnlich an zerstörtem Bauholz — wo dunkle Pigmente nur in den Fruchtkörpern auftreten — findet.

---

1) cf. VON TUBEUF, Centralbl. Bacter. II. 1902. 9. 131, der auch einige Reactionen mit demselben anstellte.

Es ist möglich, daß der braune Hyphenfarbstoff mit dem der Sporen übereinstimmt. Auch diese ändern ihre Farbe mit dem Alter, wenn auch in etwas anderer Weise; der jung hellrostbraune Fruchtkörper wird im Alter schwarzbraun. Hier liegt der Grund des Farbenwechsels in bestimmt nachweisbaren äußeren Einflüssen, es ist lediglich die chemische Reaction, welche

Fig. 1. 9monatige *Merulius*-Vegetation auf Zuckerlösung; Dextrose mit Nährsalzen (nach kolorierter Photographie wiedergegeben). Die dunklen Teile der Decke sind rotbraun, das darüber emporsteigende Luftmycel ist schneeweiß, teilweise (in den etwas stärker schattierten Teilen oben rechts und links) zitronengelb; Flüssigkeit hellgelb. (Nat. Gr.)

die Umfärbung des Pigments bewirkt; sobald der Fruchtkörper bei beginnendem Verfall alkalische (lakmusbläuende) Reaction annimmt, geht das Zimmtbraun in Schwarzbraun über. Den Farbenwechsel der Sporen kann man durch baldiges Eintrocknen direkt verhindern, auf dem langsam zerfallenden Hymenium dagegen werden

sie nahezu schwarz. Das Alkali (Ammoniak) liefert hier der Eiweißzerfall, zumal bei der bacteriellen Zersetzung. Der hellbraune Sporenfarbstoff ist in alkalischen Flüssigkeiten (nicht in neutralen oder sauren) mit schwarzbrauner Farbe löslich und aus dem mit verdünnter Natronlauge gewonnenen Auszuge wieder fällbar. Da sich Sporen in größeren Mengen unschwer beschaffen lassen,

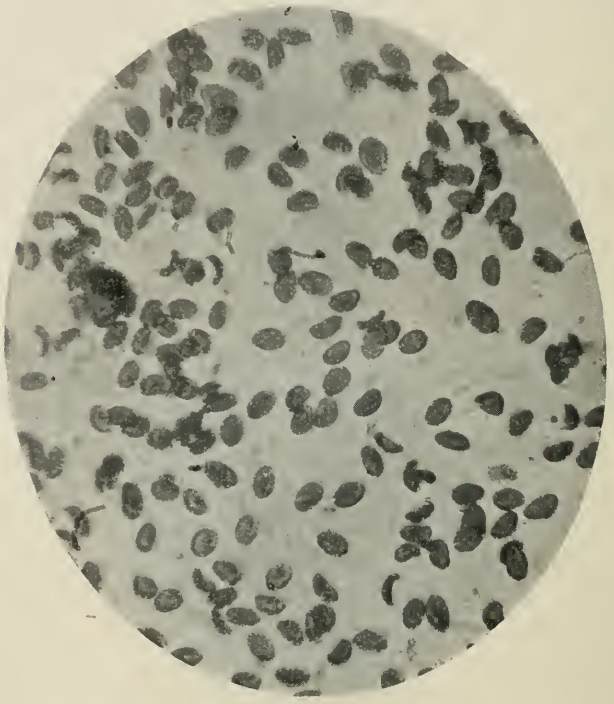


Fig. 2. Sporen von *Merulius lacrymans*, nach trockener Aufbewahrung in Wasser präpariert (ca. 450).

scheint damit der Weg wenigstens zur Untersuchung dieses *Merulius*-Farbstoffes gegeben. Von Interesse wäre, zu zeigen, ob er mit ähnlichen braunen Pilzpigmenten, so auch dem des *Aspergillus niger*, identisch oder verwandt ist.

Für die Deutung des Auftretens braunroter Pigmente in älteren Mycelien ist vielleicht folgende Tatsache beachtenswert.

Auf allen genannten Substraten (Lösungen der verschiedenen Zuckerarten mit anorganischen Nährsalzen, gekochte Kartoffeln,

Kartoffelstärkekleister mit Nährsalzen oder Asparagin als Stickstoffquelle, Brauereiwürze ohne und mit Gelatine oder Agar) bildet mein *Merulius* in Culturröhrchen wie ERLENMEYERkolben unter den eingehaltenen Versuchsbedingungen (Zimmertemperatur, zerstreutes Tageslicht) bei Aussaat von Mycelflocken in einwandfreier Reincultur, bislang auch in den ältesten Culturen (ca. einjährig), nie Fruchtkörper. Der unter normalen Verhältnissen (auf Holz) wachsende Pilz geht zur Bildung dunkler Pigmente bekanntlich erst mit der Entwicklung dieser über. In den Culturen tritt die Erscheinung also auch da ein, wo die normale morphologische Ausgestaltung des Pilzkörpers aus irgend welchen Gründen unterbleibt, physiologisch verhalten sich die sterilen vegetativen Mycelien da wie gewisse am Aufbau des Fruchtkörpers beteiligte Elemente, pigmentbildend sind hier bekanntlich nicht nur die Sporen, sondern auch subhymeniale Elemente. In solchen Culturen bleibt es aber bei der Pigmentbildung.

Um dem Einwande zu begegnen, daß die sterilen Mycelien meiner Culturen möglicherweise einem anderen Pilz angehören, gebe ich in Fig 2 ein Bild der Sporen, wie sie derselbe Pilz bei Cultur auf Holz in reichlicher Menge auf gut und völlig normal ausgebildeten Fruchtkörpern erzeugt. Diese Sporen wurden, nach halbjähriger trockner Aufbewahrung im warmen Zimmer, mit Wasser verrieben; sie zeigen also auch die durch Eintrocknen bewirkte Formänderung (concav-convexe, kahnförmige Gestalt) und völliges Fehlen von stark lichtbrechenden Tröpfchen.

Der als *Merulius silvester* Fick. bezeichnete sogenannte Wilde Hausschwamm von dem Eberswalder Standort, den ich in einer Reihe von Versuchen mit dem *M. lacrymans* verglichen habe, verhält sich bezüglich der Pigmentbildung in der Hauptsache wie dieser[1]), wenn auch die Neigung dazu etwas minder ausgesprochen ist. Kartoffelculturen zeigen später das gleiche citronengelb, verflüssigte Würze-Gelatine färbt sich wie bei *M. lacrymans* schließlich dunkelbraun, auch die Luftmycelien auf Zuckerculturen verfärben sich hellrotbraun. Auf die graduellen Unterschiede komme ich in einer ausführlichen Mitteilung über die hier nur kurz geschilderten Tatsachen zurück.

Wo das junge schneeweiße Mycel des *M. lacrymans* an den Glaswänden der Culturkolben emporwächst, kommt es nicht selten

1) Gleiches gibt bereits HOFFMANN (l. c. 112) an. Cf. auch C. MEZ, l. c. 69.

zur Ausbildung feiner heller Stränge, die sich gegen den Wattestopfen des Gefäßes emporziehen, in einzelnen Fällen ihn selbst

Fig. 3. Strangbildung bei *Merulius* an der Gefäßwand, auf dem Wege zum Wattestopfen. Cultur auf Fichtenholz-Stücken, am Boden des Kolbens von schneeigem Luftmycel verdeckt. 3 Monate alt. (Nat. Gr.)

erreichen können (Fig. 3); weißes und citronengelbes Mycel breitet sich dann über die Watte aus. Diese Erscheinung ähnelt also der

bei *Coniophora cerebella*[1]), ist aber seltener und minder stark ausgesprochen; daß dafür ein Luftraum mit einer gewissen gleichmäßigen Feuchtigkeit Bedingung ist, bedarf kaum der Hervorhebung. Eigenartig ist die bekannte Empfindlichkeit solcher schneeigen Luftmycelien; sie reagieren aber keineswegs bloß auf plötzlichen Luftwechsel (Feuchtigkeitsdifferenzen), sondern auch in fast auffälliger Weise auf Berührungsreize; es genügt eine irgendwie bewirkte mechanische Störung der Vegetation — also unter völlig gleichbleibenden Luftfeuchtigkeitsverhältnissen —, um den ganzen Rasen alsbald zusammensinken zu lassen. Man kann diese lebhaft an die Empfindlichkeit der Mimosenblätter erinnernde und vielleicht ähnlich zu erklärende Erscheinung sehr gut z. B. bei Impfungen im Keller, aber auch in Culturkolben im Laboratorium beobachten, wenn man hier durch bloße Neigung des Kolbens die mit hohem Luftmycel bewachsenen Holzstücke aus ihrer Lage bringt; die ganze Vegetation fällt alsbald zusammen. Sonderbarerweise erholt sie sich nicht meist wieder, sondern wird langsam durch eine neu emporwachsende ersetzt.

Hannover, Juni 1912.

Techn.-Bacteriolog. Laborat. d. Kgl. Techn. Hochschule.

---

1) C. Wehmer, „Zur Biologie der *Coniophora cerebella*“, Mycologisch. Centralbl. 1912, I. Heft 1, 3 u. f.

41. A. Nestler: Cortusa Matthioli L., eine stark hautreizende Pflanze.

(Mit Tafel XII.)

(Eingegangen am 21. Juni 1912.)

Im Jahre 1601 schrieb der berühmte Arzt und Botaniker CLUSIUS [1]) folgende Bemerkung zu *Cortusa Matthioli* . . . . . (folia) recentia integraque, non trita, mulierum aut delicatulorum malis imposita, et paulo post adempta, gratum ruborem sine noxa inducunt, tamquam nobilissimo aliquo fuco infectae fuissent, quo evanescente, nullum vestigium aut macula relinquitur . . . . .

Da nach der bekannten Bedeutung des CLUSIUS an der Richtigkeit dieser seltsamen Verwendung der Laubblätter der *Cortusa* nicht zu zweifeln war, schien es mir nach meinen früheren Untersuchungen über hautreizende Pflanzen sofort sehr wahrscheinlich, daß es sich hier um dieselbe oder wenigstens um eine ähnliche Wirkung handeln müsse, wie ich sie namentlich für *Primula obconica*, *Pr. mollis* und andere Primeln nachgewiesen habe.

Die nahe Verwandtschaft der *Cortusa* zu *Primula* verstärkte diese Ansicht außerordentlich. Meine Versuche mit den Laubblättern dieser Pflanze bestätigten nicht nur vollkommen meine Vermutung, sondern zeigten mir auch nur zu deutlich, daß *Cortusa* zu den stärksten hautreizenden Pflanzen gehört, die ich bisher zu untersuchen Gelegenheit hatte. Aus dem „Heilglöcklein", wie *Cortusa* genannt wird, wurde für mich ein „Unheilglöcklein".

Da in der Litteratur über die giftige Eigenschaft dieser Pflanze außer jener Bemerkung des CLUSIUS meines Wissens nichts bekannt ist, da ferner unter gewissen Bedingungen durch die Blätter der *Cortusa* nicht nur eine „zarte Rötung", sondern ein überaus unangenehmes, sich weit ausbreitendes Ekzem entstehen

1) CLUSIUS, Rar. stirp. hist. 1601 pag. 307 (ex ipsius *Cortusi* litteris).

Herr R. BUSER (Grand Lancy, Genève) hatte die Freundlichkeit, mich auf diese interessante Stelle in den Schriften des CLUSIUS aufmerksam zu machen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle bestens danke.

kann, so bin ich überzeugt, daß namentlich sammelnde Botaniker, die mit dieser Pflanze in Berührung kamen, mitunter an einer Hauterkrankung zu leiden hatten, deren Ursache ihnen vollkommen unerklärlich war. Denn die Wirkung dieses Hautgiftes tritt, wie meine Erfahrungen zeigen, bisweilen genau so wie die des Sekretes der *Primula obconica* erst einige Tage nach erfolgter Infektion auf.

Im folgenden will ich nur in allgemeinen Umrissen die Wirkung des *Cortusa*-Hautgiftes schildern, wie ich sie durch direkte Versuche an mir selbst und durch zufällige Infektionen beim Untersuchen der Blätter erfahren habe, hierauf die Resultate meiner Untersuchungen über den Sitz und die näheren Eigenschaften dieses Giftes mitteilen, soweit ich sie zu ermitteln imstande war [1]).

Am 27. Mai d. J. wurde ein mittelgroßes, vollständig unverletztes, frisches Laubblatt mit der stark behaarten Unterseite auf die Innenseite des linken Unterarmes nahe der Handwurzel gelegt und mit Hilfe eines locker geschlungenen Bandes 2 Stunden lang in dieser Lage festgehalten.

Nach Entfernung des Blattes zeigte sich, ganz entsprechend der Angabe des CLUSIUS, ein roter Fleck von ungefähr 3 cm Durchmesser. Da ich aber das Blatt nicht nur kurze Zeit, sondern wie gesagt 2 Stunden lang hatte einwirken lassen, blieb es nicht bei der entstandenen Rötung, sondern es entwickelte sich sehr rasch ein großes Ekzem, das nach 14 Tagen 12 cm lang und 8 cm breit war und erst 17 Tage nach Beginn des Versuches sich nicht weiter ausbreitete.

Da diese Hauterkrankung dieselben Eigenschaften und Begleiterscheinungen zeigt, wie die durch hautreizende Primeln hervorgerufene, kann ich mich diesbezüglich kurz fassen.

Der Zustand der infizierten Hautstelle nach 33 Stunden ist aus der photographischen Abbildung (Fig. 1) ersichtlich: auf einer polsterartigen, stark geröteten Anschwellung eine große und mehrere kleinere Blasen. Hierauf allmähliche Bildung zahlreicher, neuer Blasen, von heftigem, oft schmerzhaftem Jucken begleitet; überaus reiches Ausfließen von Serum, mitunter von Bluttröpfchen begleitet; die Blasenbildung greift auch auf die Außenseite des Armes über; die Hand und der ganze Unterarm geschwollen.

---

1) Herr Dr. FR. RUTTNER (Biolog. Station Lunz, N.-Österr.) hatte die Freundlichkeit, mir eine größere Anzahl schöner Exemplare von *Cortusa Matthioli* zu senden, wofür ich ihm zu besonderem Danke verpflichtet bin.

Erst am 13. Juni, also nach 17 Tagen, hört die weitere Blasenbildung auf, und es beginnt der Heilungsprozeß.

Gleichzeitig mit diesem Versuche am linken Unterarm wurde am 27. Mai eine Stelle des rechten Unterarmes mit einem frischen, unverletzten Blatte ganz schwach gerieben. Hier war das erste Zeichen der Infektion, schwache Rötung, erst am 29. Mai bemerkbar; hierauf starke Blasenbildung und alle jene Erscheinungen, wie sie gleichzeitig am linken Arm beobachtet wurden; Größe des Ekzems geringer als im ersten Falle — ungefähr 6 cm^2 —.

Außer diesen beiden, durch Versuche hervorgerufenen, großen Ekzemen auf den Unterarmen traten noch an anderen Körperstellen mehr oder weniger ausgedehnte Blasenbildungen auf, die unbedingt auf zufällige Infektionen zurückzuführen sind, da ich nach der Einleitung der oben geschilderten Experimente (am 27. V.) noch ungefähr 8 Tage die Blätter der *Cortusa* genau untersuchte, zahlreiche Präparate herstellte und daher mit den Fingern das Hautgift auf andere Körperteile übertrug. Am 7. VI. erkrankte das linke Auge, zahlreiche kleine, rote Bläschen bedeckten die Augenlider und verursachten eine bedeutende Geschwulst, so daß das Auge durch 2 Tage vollkommen geschlossen war. Auch die beiden Ohrläppchen waren dick angeschwollen, und die hier entstandenen größeren Blasen entleerten bedeutende Mengen von Blutserum. Es zeigten sich ferner zahlreiche Blasen zerstreut über die beiden Hände.

Das Nagelglied des linken Zeigefingers war besonders stark infiziert, eine Erscheinung, die leicht zu erklären ist. Auf dieses Fingerglied wurden stets die Blätter gelegt, um Epidermisstücke derselben abzuschneiden.

Nach diesen Experimenten und Erfahrungen und nach der oben zitierten Bemerkung des CLUSIUS ist es sicher, daß *Cortusa Matthioli* eine stark hautreizende Pflanze ist.

Daß der Sitz des Hautgiftes bei *Cortusa* ebenso wie bei den hautreizenden Primeln auf der Epidermis der Blätter zu suchen ist, geht schon aus der Beobachtung des CLUSIUS, ferner aus meinen Experimenten und Erfahrungen hervor. Das Sekret der Drüsenhaare ist auch hier als der Träger der hautreizenden Substanz anzusehen.

Alle oberirdischen Organe der *Cortusa Matthioli* sind stark behaart; die Haare sind durchwegs mehrzellige Drüsenhaare von 0,07 bis 4 mm Länge; die Form ist die der bekannten Primelhaare. Die kleinen Trichome (Fig. 2) tragen auf der Köpfchenzelle eine farblose Sekretkappe, mitunter eine unregelmäßige Sekretmasse, die

von kleinen Kristallnadeln durchsetzt ist. Bei älteren, größeren Trichomen ist das Drüsenköpfchen stets zusammengeschrumpft; dagegen findet man hier öfters auf den übrigen Zellen des Haares farblose Sekretmassen mit eingestreuten, farblosen Kristallen (Fig. 3) Derartige Kristalle findet man auch hie und da auf den Epidermiszellen des Blattes.

Reibt man einen reinen Objektträger schwach an einem jüngeren Blatte, so erhält man überaus zahlreiche, kürzere oder längere, gerade oder gekrümmte Nadeln (Fig. 4), auch größere Kristallaggregate (Fig. 6), ferner fettartige Massen mit Kristallbildungen (Fig. 5). Alle diese Gebilde sind als Produkte des Sekretes der Drüsenhaare anzusehen.

Wenn man ein Laubblatt der *Cortusa* mit seiner Unterseite auf eine Glasplatte legt und genau, wie bei dem oben besprochenen, ersten Versuche am linken Unterarm, mit einem locker geschlungenen Bande festhält, so zeigt die Glasplatte nach 2 Stunden dieselben fettartigen Sekretmassen und Kristallbildungen, wie sie bereits beschrieben worden sind. Daß dieselben Gebilde beim Berühren eines Blattes auf die Haut des Menschen gelangen, ist wohl als sicher anzunehmen; sie müssen somit als die Ursache der darauf folgenden Ekzembildungen betrachtet werden. Ob nun die Sekretmassen allein oder die Kristallbildungen oder auch beide Teile wirksam sind, vermag ich nicht zu entscheiden, da hier die Kristalle nicht, wie bei *Primula obconica*, durch Sublimation isoliert werden können [1]).

Die Wirkung des *Cortusa*-Giftes auf die Haut des Menschen ist, wie gesagt, dieselbe wie die des Primelhautgiftes, nur scheint sie mir bedeutend heftiger zu sein. Um so auffallender muß es erscheinen, daß hier nicht jene Kristalle nachgewiesen werden können, denen bei *Primula obconica* (und *Pr. mollis*) unbedingt die hautreizende Wirkung zugeschrieben werden muß.

Die Sekretmassen inkl. der Kristalle der *Cortusa*-Trichome zeigen ganz andere mikrochemische Eigenschaften als die der *Primula obconica*; sie sind ebenfalls wie diese in Alkohol und Äther leicht löslich, scheiden aber nach dem Verdunsten der Lösungsflüssigkeit keine Kristalle aus.

Sie sind in verdünnten Säuren leicht löslich, in Wasser unlöslich.

Übergießt man einige Laubblätter flüchtig mit Äther, filtriert dann den Äther und läßt das Filtrat verdunsten, so erhält man

1) A. Nestler, Hautreizende Primeln. Berlin 1904. S. 10.

als Rückstand eine dickflüssige, ölartige Substanz, aus der im Gegensatze zu *Primula obconica* selbst nach vielen Tagen sich keine Kristalle ausscheiden.

Ob in diesem Rückstande das hautreizende Gift enthalten ist, konnte ich leider nicht experimentell nachweisen, da es mir nach den oben geschilderten sehr unangenehmen Erfahrungen nicht möglich war, mich noch einmal einer Infektion auszusetzen.

Aus demselben Grunde mußte ich auch alle weiteren Untersuchungen über diese Pflanze aufgeben.

Prag, am 20. Juni 1912.

Erklärung der Tafel XII.

Fig. 1. Die durch ein Laubblatt der *Cortusa Matthioli* hervorgerufene Hauterkrankung, 33 Stunden nach Beginn des Experimentes. (Nach einer Photographie.)

Fig. 2. Ein junges Drüsenhaar. V. 390.

Fig. 3. Eine Zelle eines älteren Drüsenhaares mit anhaftender Sekretmasse. V. 390.

Fig. 4—6. Kleinere und größere Kristalle und Sekretmassen mit Kristallen auf einem Objektträger, der an der Unterseite eines Laubblattes schwach gerieben worden ist. V. 390.

42. R. Kolkwitz: Plankton und Seston.

(Eingegangen am 25. Juni 1912.)

Einleitung.

Mit feinen Seidennetzen und Kupfersieben werden in einer Reihe von Fällen aus dem Wasser Schwebestoffe abgefangen, für welche die Bezeichnung Plankton im ursprünglichen Sinne des Wortes offenbar nicht paßt. So gewinnt man aus vielen Gebirgsbächen — um von zahlreichen Beispielen nur eines zu nennen — mit den genannten Instrumenten in der Regel zwar Gesteinstrümmerchen, Sand, Detritus, Fasern, Pflanzenreste, erratische Ufer- und Grundorganismen und dergleichen in oft großer Menge, aber Planktonten im Vergleich dazu meist in nur geringer Zahl. Ähnlich kann es im Gesamtlauf strömender Flüsse bei ansteigendem

Hochwasser, ferner am windgepeitschten Ufer von Seen u. a. a. O. sein. Solche Stoffe und andere mehr können häufig eine bedeutsamere Rolle als das echte Plankton selbst spielen; so für die Prozesse der Schlickbildung an Flußmündungen, der Schlammanhäufung (Sapropelbildung usw.), der Verlandung und der Geländeabtragung, ferner als Nahrung und Versteck für Organismen, aber zu Zeiten auch als verhängnisvolles Fällungsmittel. Solche Stoffe können auch bei der Vergleichung von Flußläufen für deren Charakterisierung vom biologischen, geologischen und geographischen Standpunkt nach Quantität und Qualität ganz wesentlich in Betracht kommen.

Wie die folgenden Zeilen lehren, hat man mehrfach versucht, die ursprüngliche Bedeutung des vielgebrauchten Ausdruckes Plankton, besonders mit Rücksicht auf manche verwickelteren Verhältnisse im Süßwasser, unter Einbeziehung von losgerissenem Benthos und Pseudoplankton, zu erweitern und den wechselvollen Bedingungen in der freien Natur anzupassen, ohne jedoch bisher eine einheitliche Lösung gefunden zu haben. Es erschien deshalb geboten, mit Rücksicht auf die in neuerer Zeit zunehmenden Studien an Gewässern, besonders fließenden, die bestehende Handhabung des Wortes Plankton einer Revision zu unterziehen und für den sinngemäßen Umfang dieses Terminus wieder ausreichende Klarheit zu schaffen.

Verschiedene Definitionen von Plankton.

In welcher Weise nach den in der Literatur vorliegenden Angaben der Terminus Plankton definiert wird, mögen folgende Beispiele zeigen:

1. VICTOR HENSEN führte vor 25 Jahren (1887) das Wort Plankton anstelle des von JOHANNES MÜLLER (1845) bei seinen Meeresstudien für Organismenfänge mit feinen Netzen gebrauchten Wortes Auftrieb oder pelagischer Mulder ein, da ihm diese Bezeichnung nicht genügend umfassend und bequem war. Das Wort Plankton ist dem Griechischen entlehnt und bezeichnet das, was umherschwebt, umherirrt oder genauer: „Alles, was im Wasser treibt, einerlei ob hoch oder tief, ob tot oder lebendig, aber nur bezogen auf Organismen."

Eine genauere Begrenzung des Ausdruckes auf bestimmte Formen läßt sich nach H. nicht gewinnen, da zum Plankton viele Embryonal-Formen gehören, die im entwickelten Zustand im Plankton nicht mehr vorkommen. Das Entscheidende für die Kennzeichnung des Wortes ist der Umstand, ob die Organismen

willenlos mit dem Wasser treiben oder ob sie einen gewissen Grad der Selbständigkeit dieser Triebkraft gegenüber bewahren. Die Fische gehören daher höchstens in der Form von Eiern und Brut zum Plankton, aber nicht als erwachsene Tiere; die Copepoden dagegen, obgleich lebhaft schwimmend, werden doch willenlos mit dem Wasser fortgerissen und müssen daher wie die Quallen zum Plankton gerechnet werden. Auf eine ganz genaue Abgrenzung des Begriffes kommt es nach den eigenen Worten H.s nicht an. Die Bakterien werden nicht erwähnt und waren damals im Meere auch noch nicht planmäßig studiert.

Das Plankton ist nach den Worten HENSENs in der Lage, die Kräfte, welche dem Meere von der Sonne übermittelt werden, voll auszunutzen, weil es sich sehr nahe an der Oberfläche zu halten vermag, aber unter Umständen auch in der Tiefe vor dem Licht wird Schutz zu finden vermögen.

Die quantitative Untersuchung des Planktons sollte dazu dienen, einen tieferen Einblick in den Stoffhaushalt der Meere zu gewinnen.

Ähnliche Definitionen finden sich bei Autoren der verschiedensten Richtungen, z. B. bei C. APSTEIN, E. BRESSLAU u. H. E. ZIEGLER, C. CHUN, B. EYFERTH, K. LOHMANN, H. SCHENCK, O. SCHMEIL, C. SCHROETER, E. WALTER, C. WESENBERG-LUND, G. Ch. WHIPPLE und O. ZACHARIAS. In der Hauptsache laufen die Definitionen für Plankton kurz hinaus auf: Kleinere freischwimmende oder freischwebende Wasserorganismen.

2. ERNST HAECKEL weicht mit seinen Ausführungen aus dem Jahre 1891 ziemlich erheblich von der HENSENschen Umgrenzung des Begriffes ab. Nach ihm kann der Begriff des Planktons in weiterem oder engerem Sinne gefaßt werden; entweder versteht man darunter alle im Wasser schwimmenden Organismen, die passiv treibenden und die aktiv schwimmenden, oder man schließt diese letzteren davon aus. Wenn man in dieser Weise den Begriff des Planktons beschränkt, so muß man dem passiv treibenden Plankton das aktiv schwimmende Nekton entgegenstellen. Indessen verliert dann nach HAECKEL der Begriff jeden festen Halt und wird abhängig von ganz variablen Verhältnissen: von der wechselnden Stärke des Stroms, in dem das Tier treibt, von der augenblicklichen Energie seiner willkürlichen Schwimmbewegung usw. Pelagische Fische oder Copepoden, die von einer starken Strömung mit fortgerissen werden, also zum Plankton gehören, könnten wenige Schritte seitwärts, außerhalb derselben, ganz

willkürlich ihren Weg selbständig bestimmen und gehörten dann zum Nekton. Es erscheint daher nach HAECKEL wohl zweckmäßiger, den Begriff des Planktons vorläufig im weiteren Sinne zu fassen, im Gegensatze zum Benthos, den nicht schwimmenden Bodenorganismen im Wasser. Fische und *Sargassum* gehören nach ihm zum Plankton; Bakterien werden nicht erwähnt.

Diese Erweiterung des Begriffes Plankton wurde deshalb vorgenommen, weil darunter möglichst alle Organismen zusammengefaßt werden sollten, welche eine bedeutende ökologische Rolle im Stoffaustausch des freien Meeres spielen.

3. EUG. WARMING (1896) schließt sich der Definition HENSENs an, in die er auch die Bakterien einbegreift. Zum Plankton im eigentlichen Sinne des Wortes, heißt es bei ihm ausdrücklich, dürfen nicht Pflanzen gerechnet werden, die, wie der *Sargassum*-Tang, an den Küsten losgerissen und auf das offene Meer hinausgeführt werden, oder wie viele Süßwasseralgen (*Oedogonium*, *Cladophora* u. a.) anfangs festsitzen, später in ruhigem Wasser emporsteigen und sich mit Hilfe von Luftblasen schwimmend erhalten.

K. LAMPERT dagegen rechnet auch treibende Algenwatten zum Plankton. *Ceratophyllum* und *Utricularia* werden bei ihm als Makro-Phytoplankton bezeichnet.

F. SCHÜTT schreibt bezüglich der Diatomeen: „Die Planktonflora der Hochsee enthält vereinzelt, die des Küstenstrichs viele aufgeschwemmte Zellen der Grundflora."

4. F. A. FOREL (1904) definiert in seiner Monographie über den Genfer See Plankton im HENSENschen Sinne des Wortes, fügt aber hinzu, daß später die Bedeutung des Terminus in dem Sinne verändert worden sei, daß er in Wirklichkeit das Ergebnis eines mit dem Seidennetz ausgeführten Fanges bezeichnet, nämlich: lebende und tote Algen, organische Stäubchen (poussières organiques), treibende Tiere und einige gut schwimmende Tiere, welche sich mit dem Planktonnetz erbeuten lassen. In diesem Sinne wendet FOREL das Wort an.

Ähnlich scheint AD. STEUER (1910) zu definieren, da er ausdrücklich angibt, daß das Flußplankton sich vom Teichplankton durch die Beimischung von Detritus aller Art unterscheidet.

5. RICH. VOLK (1901) hält sich bei seinen Hamburgischen Elbuntersuchungen trotz Vorhandenseins zahlreicher Beimengungen tunlichst an die Planktondefinition HENSENs. Bei der Bearbeitung des Flußplanktons bilden nach VOLK dreierlei Fremdkörper, welche im Seenplankton wohl nur ganz ausnahmsweise eine Rolle

spielen, recht störende und die Untersuchung erschwerende Beigaben, nämlich fein zerteilter Ton, Sand und organischer Detritus. Weil die tonige Trübung fast ungehindert die Maschen passiert, wirkt sie in Netzfängen nicht störend, wird aber unter Umständen zur größten Plage bei der Untersuchung der Filterfänge. Sand fand sich in den Netzfängen VOLKs zwar nur selten in einem das Plankton übertreffenden Volumen, doch überstieg sein Gewicht oft um das Vierfache das der gefangenen Organismen. Der organische Detritus übertraf an Volumen sehr oft um das Mehrfache die Summe der Planktonorganismen, mit welchen er ein untrennbares Gemisch bildete.

6. B. SCHORLER gab in seinen 1900 veröffentlichten Elbestudien dem Begriff Plankton eine weite Fassung, nach welcher er auch die vom Ufer und Boden losgerissenen und im Wasser treibenden Formen umschließt.

Ich selbst schrieb 1911: „Der Begriff des Planktons wird verschieden definiert. Die einen verstehen darunter, und das ist wohl die korrektere Bezeichnung, nur die im Wasser freilebenden kleineren, mit dem Planktonnetz zu erbeutenden Organismen, während die anderen in die Definition auch die im Wasser treibenden Beimengungen, wie Detritus, Fasern, Sandkörnchen und dergleichen, einbeziehen."

* * *

Überblickt man die vorstehenden Definitionen, so erkennt man leicht, daß alle Autoren in erster Linie das Lebende in ihren Planktonfängen als wichtig betonen; Detritus, Pflanzenreste und dergleichen treten demgegenüber bei ihnen an Interesse zurück. Beim Lebenden wird aber Plankton und Benthos von den verschiedenen Autoren nicht immer scharf unterschieden; es ist das für viele Fälle, besonders beim Süßwasser, auch schwer, wenn man den Ausdruck Plankton hier möglichst generell anwenden will. Um diese Schwierigkeit betreffs Erweiterung der Bedeutung des Wortes Plankton zu beheben, möchte ich neben diesem Begriff einen neuen, mehr auf die Methode gegründeten zur Einführung vorschlagen, über den ein folgendes Kapitel handeln soll.

Einheitliche Definition von Plankton.

Durch Einführung des neuen Terminus Seston dürfte sich ungezwungen die Möglichkeit ergeben, dem Begriff Plankton seine wesentliche Bedeutung im Sinne von V. HENSEN generell zu

bewahren, auch wenn sehr verwickelte Verhältnisse in einem Gewässer herrschen.

Es sei zunächst noch einmal auf den Kommentar zur bezüglichen Definition verwiesen, also auf den Umfang von Plankton im engeren Sinne des Wortes. Eine Erweiterung nach dem Vorgange von HAECKEL unter Einbeziehung des Nektons ist zwar konsequent, aber zurzeit nicht geboten, liegt bisher auch nicht im Sinne der geschichtlichen Entwicklung.

Die Planktonorganismen sind in erster Linie durch ihre enge Beziehung zu einem physikalischen Faktor, dem spezifischen Gewicht des Wassers, gekennzeichnet. Sie besitzen mehr oder weniger deutlich ausgeprägte Anpassungen an das Leben im freien Wasser, welche häufig in ihrer morphologischen Ausgestaltung, ihrer Zartheit, ihrem Wasserreichtum u. a. m. kenntlich sind.

Das Treiben im freien Wasser, ohne auf einem Stützpunkt auszuruhen oder aufzuliegen und ohne zu verhungern bzw. allmählich abzusterben, ist eine Befähigung, die — für die ganze oder einen großen Teil der Lebenszeit — nur bestimmten Organismen zukommt. Die Gemeinschaft derselben bildet eine natürliche Gruppe, eine spezifische Formation, eine ökologische Vereinsklasse; darin liegt die innere logische Rechtfertigung des Begriffes Plankton. Seine Definition geschieht nicht ausdrücklich nach ernährungsphysiologischen Gesichtspunkten, wiewohl es bedeutende Stoffwechselleistungen vollführt, deren eingehendes Studium natürlich eine Hauptaufgabe der Planktologie ist.

Den planktonischen Organismen werden die meist robuster gebauten, festsitzenden oder kriechenden Ufer- bzw. Grundorganismen als Benthos gegenübergestellt. Diese besitzen keine weitgehenden Anpassungen an das spezifische Gewicht des Wassers. Benthonische und planktonische Vertreter können in ein und derselben Gattung, manchmal auch Art *(Rotifer actinurus)*, vorkommen, z. B. ist

Oscillatoria Agardhi planktonisch,
„ *limosa* benthonisch,
Melosira granulata planktonisch,
„ *varians* benthonisch.

M. MARSSON schrieb 1901 mit Recht: „*Melosira varians* ist eigentlich nicht zu den Planktondiatomeen zu rechnen; ich fand sie in großer Massenhaftigkeit am Ufer des Schiffahrtskanals festsitzend."

Bei der Gattung *Pediastrum* u. e. m. gibt es deutliche Übergänge zwischen planktonischen und benthonischen Formen.

In ein und derselben physiologischen, sogar stark spezialisierten Gruppe können wechselvolle Standortsverhältnisse vorkommen. So finden sich z. B. unter den Gattungen der Schwefelbakterien:

Chromatium freischwimmend im Wasser,
Beggiatoa kriechend auf Schlamm,
Thiothrix festsitzend am Ufer.

Niemals sollte ein typischer Benthos-Organismus zum Plankton gerechnet werden. Wenn man aus dem Inhalt zweier Probegläser, von denen das eine reines Plankton, das andere dagegen ausgesprochenes Benthos enthält, ein Gemisch herstellt, so kann dieses als Ganzes nicht mehr als Plankton bezeichnet werden. Eine natürliche Vermischung zweier solcher Formationsbestände kommt in strömenden Flüssen, an Meeresküsten bei bewegtem Wasser usw. oft vor, so daß man bei der Untersuchung solcher Gewässer oft ein schwierig zu analysierendes mixtum compositum vor sich hat[1]).

Dieses im Wasser verteilte Gemisch darf in seiner Gesamtheit auch dann nicht als Plankton bezeichnet werden, wenn es unter Beteiligung aller seiner Komponenten von bedeutendem Einfluß auf den Stoffwechsel des betreffenden Gewässers ist. Das schließt natürlich nicht aus, daß man in solchen Fällen z. B. von Flußplankton spricht, man darf dann aber auch nur die echten Planktonten meinen.

Auch der reinsten Planktonprobe aus den klarsten Seen kann eine geringe Menge von Detrituspartikelchen beigemischt sein. Diese stammen dann meist von fein zerteiltem Krebschenkot her, der unter anderem Algenreste und Bakterienanhäufungen enthalten kann.

Von den Bakterien rechnen nur diejenigen zum Plankton, welche normalerweise im freien Wasser leben; treibende *Sphaerotilus*-Flocken, aufgestiegene *Beggiatoa*-Fladen und dgl. sind Benthos.

Unter den höheren pflanzlichen Organismen wird man die untergetaucht vegetierende *Lemna trisulca*[2]), ferner *Ceratophyllum* und *Utricularia* (diese in den Arten, welche im Wasser wachsen) nur mit einem gewissen Vorbehalt zum Plankton rechnen können, da sie z. T. die Fähigkeit zum Festwurzeln besitzen und über Wasser blühen.

---

1) In Gewässer eingeschwemmte Eier parasitärer Würmer sind weder Plankton noch Benthos.

2) *Lemna minor, polyrrhiza* u. a. m. gehören nach O. Kirchner zum Pleuston.

Ähnliches gilt bei Fassung der vorliegenden Definition im weiteren Sinne des Wortes von den Walen, da diese zum Luftholen an die Oberfläche kommen müssen. Eine gewisse Beschränkung ist auch bei der Definition im weiteren Sinne des Wortes geboten, da man sonst versucht sein könnte, auch Tauchvögel zum Plankton zu rechnen.

Definition von Seston.

Ausgehend von der Konstruktion der sehr feinmaschigen Kupfersiebe, besonders Nr. 260 (vgl. diese Berichte 1911, Bd. 29, S. 511—517, und Mitteil. a. d. Kgl. Prüf.-Anst. Heft 15), habe ich den Begriff des Abgesiebten bzw. des Absiebbaren eingeführt. Hierfür schlage ich, unterstützt durch den Rat der mir befreundeten Herren Prof. K. OSTERWALD, Ing. L. SCHIFF und Prof. A. WEISSE die — wie üblich dem Griechischen entlehnte — kurze Bezeichnung Seston (mit langem e gesprochen) vor.

Seston bedeutet hier Bestandteile, welche sich durch Sieben zurückhalten lassen[1]).

Beim Sieben kann zweierlei eintreten: entweder passiert der einzusammelnde Teil die Maschen, oder er bleibt auf dem Sieb zurück, und das Unwesentliche geht durch die Maschen. Nur in diesem letztgenannten Sinne (Siebrückstand) ist die begriffliche Bezeichnung Seston hier gemeint.

Wenn man bedenkt, daß Berkefeldfilter, die wie Kapillarsiebe wirken, selbst Bakterien, Tontrübungen u. dgl. zurückhalten, und daß andererseits Siebe als Grobrechen benützt werden können, so ergibt sich ohne weiteres, daß man technisch alles, das Kleinste und das Größte, absieben kann. Mithin ist Seston der Haupt- und Plankton der Teilbegriff. Plankton umfaßt (wahrscheinlich ausnahmslos) nur einen Teil des im Wasser Schwebenden, während Seston davon alles in sich begreift. Gesamtplankton ist deshalb wohl niemals gleichbedeutend mit Gesamtseston. Die Planktologie wäre demnach in bezug auf manche Fragen eine Unterabteilung der Sestonkunde.

Der Terminus Seston läßt sich im Bedarfsfalle außer auf die in Flüssigkeiten (Wasser, Milch, Öl, Wein usw.) suspendierten

---

1) Von σηστός: 1. gesiebt, durch Sieben ausgesondert; 2. siebbar, durch Sieben absonderbar, abscheidbar.

σηστόν von mir in dem speziellen Sinne gemeint: etwas, was sich durch Sieben zurückhalten läßt = Schwebestoffe (bzw. schwebende Sinkstoffe), die sich durch Sieben zurückhalten lassen.

Stoffe auch auf den z. B. mit Watte oder Filtrierpapier — die als Fasersiebe wirken — zurückhaltbaren Staub der Luft anwenden. Es kann auch den Staub des zerfließenden Eises oder des schmelzenden Schnees bedeuten. Von diesen Gesichtspunkten aus sind der Definition von Seston, wegen seiner ganz allgemeinen Ableitung von sichten, auswählen, aussondern, keine engen Grenzen gezogen.

Mit dem Worte Netz verbindet sich naturgemäß die Vorstellung vom Fange lebenden Materials weit mehr als mit dem Worte Sieb, da dieses ein universelleres Instrument ist. Man wird das Wort Seston ungezwungen in denjenigen einschlägigen Fällen mit Vorteil gebrauchen können, wo das Wort Plankton nicht paßt. Dieses dürfte nach Einführung des Begriffes Seston zukünftig wieder wesentlich in dem ursprünglichen, im vorstehenden Kapitel näher erläuterten Sinne gebraucht werden können.

Bei stark strömenden Flüssen kann man, wie schon in der Einleitung hervorgehoben worden ist, den gesamten Rückstand im Netz oder Sieb nun nicht mehr als Plankton bezeichnen; allenfalls wäre der Ausdruck Planktonfang noch zulässig. Es handelt sich in Wirklichkeit um Seston, welchem etwas Plankton beigemischt ist. Man würde also im gegebenen Falle beispielsweise schreiben können: Der im Glase abgesetzte Fang ergab 3 ccm Seston, von denen sich 0,5 ccm mineralischer und organischer Detritus (Pseudoplankton) rasch absetzten, während sich langsam nach dem Konservieren der Probe ca. 2,5 ccm Organismen darüber schichteten. Die nähere Untersuchung ergab, daß diese fast durchweg aus Plankton und zum geringen Teil aus abgerissenem Benthos bestanden.

Das in diesem Falle ungleich rasch erfolgende Zubodensinken nach Eintritt von Ruhe im Wasser zeigt besonders klar den Unterschied zwischen Detritus und Plankton in bezug auf das spezifische Gewicht.

Aus dem Rhein und der Spree können sich zuzeiten aus einem bestimmten Wasserquantum die gleichen Volumina Seston ergeben. Davon enthält aber der Rhein zum geringeren, die Spree zum größeren Teil Plankton. Die nähere quantitative Bestimmung des bestehenden Unterschiedes geschieht am besten an einer Schöpfprobe.

Entnimmt man die Schwebestoffe aus einem Gewässer mittels Netzes oder Siebes (bei einer Maschenweite von $^1/_{15}$—$^1/_{25}$ mm), so ist

damit ohne weiteres gesagt, daß es nicht auf die Gewinnung des Gesamtplanktons bzw. Gesamtsestons ankam. Für viele Fälle ist es auch nicht nötig, alle Bestandteile zu ermitteln.

Viele Klagen über ungünstige Zustände in Gewässern kultivierter Gegenden haben ihren Hauptgrund in Überlastung des Wassers mit Seston.

Methodisches.

Um die Zahl und Beschaffenheit der im Wasser enthaltenen feineren Stoffe belebter und unbelebter Natur einwandfrei ermitteln zu können, habe ich auf jede besondere methodische Vorbehandlung der zu untersuchenden Proben verzichtet und dementsprechend das Schöpfgefäß, die 1 ccm-Kammer, gleichzeitig als Zählkammer benutzt (vgl. diese Berichte, 1911, Bd. 29, S. 386—402).

Wie bereits früher mitgeteilt, werden die mittels der Kammer in automatisch abgemessener Menge entnommenen Proben zunächst unter Verwendung von Aplanat- oder Anastigmatlupen durchmustert, um sich über den Inhalt der Kammer in bezug auf Menge und Zusammensetzung der in ihr enthaltenen Schwebe- und etwaigen Sinkstoffe zunächst in großen Zügen zu unterrichten.

Kleine Körper, wie Bakterien, Kleinalgen, Tonteilchen usw., pflegen im Wasser viel gleichmäßiger verteilt zu sein als größere. Man kann sie deshalb in viel kleineren Wassermengen in Beobachtung nehmen als etwa Bestandteile wie manche Crustaceen, deren Verteilung unter Umständen allein schon durch den Wind eine ungleiche werden kann. Für eine solche gleichmäßige Anordnung kleiner Körper im Wasser scheinen neben biologischen auch rein physikalische Faktoren wirksam zu sein.

Die Kammer wird etwa 10 Minuten lang horizontal auf den Objekttisch des Mikroskops gelegt. In dieser Zeit wird man, besonders in mehr oder weniger salzhaltigen Gewässern, ein Absinken der Körperchen erwarten können, welche in der 2,63 mm hohen Wasserschicht in der Kammer enthalten sind; durch die mikroskopische Prüfung kann leicht kontrolliert werden, ob das Absinken innerhalb der genannten Zeit bereits erfolgt ist. Das Absinken der nahe der Grundscheibe befindlichen Schwebestoffe dürfte durch die Flächenanziehung dieser Scheibe beschleunigt werden. Bewegliche Organismen können im Bedarfsfalle zur Wärmestarre gebracht werden und zwar durch Einlegen der Kammer in einen Thermostaten. Auf Reisen kann man den ge-

eigneten Grad von Wärmestarre auch durch vorsichtiges Erwärmen mittels eines Streichholzes erreichen. Mit Pseudovakuolen versehene Spaltalgen pflegen sich unmittelbar unter der Deckscheibe der Kammer anzusammeln. Ist das Absinken auf die Bodenscheibe beendet, so kann die genaue mikroskopische Durchmusterung des Sedimentes vorgenommen werden und zwar so, daß man die geeignete Vergrößerung am besten durch das Apochromatobjektiv 16 mm[1]) und das Kompensationsokular 12 erzielt. Da wegen der, einschließlich Deckscheibe etwa 3 mm betragenden Höhe der Kammer keine sehr starken Objektive angewendet werden können, muß eine ausreichende (etwa 200 bis 400fache) Vergrößerung durch gleichzeitige Anwendung starker Okulare bewirkt werden. Die Kombination von Apochromat 16 mm mit Okular 12 liefert ganz besonders vorzügliche, farbenreine Bilder, doch eignet sich auch Okular 18, selbst in Verbindung mit guten Achromaten A A und B, wodurch sich bis ca. 400fache Vergrößerung erzielen läßt; doch ist zu bemerken, daß Okular 18 meist etwas schwammige Bilder liefert. Die Verwendung relativ schwacher Objektive und sehr starker Okulare bringt den für Zählmethoden wesentlichen Vorteil mit sich, daß man bei mehrhundertfacher Vergrößerung ein Gesichtsfeld vom Durchmesser fast eines Millimeters erhalten kann, wobei unter Verwendung von Apochromaten auch die Farbenreinheit eine vollkommene ist. Verwendet man auf Reisen oder Ausflügen das Exkursionsmikroskop ohne Beleuchtungsapparat, so lassen sich auch mit diesem bei geschickt gewählter Spiegelstellung gute Bilder gewinnen, selbst für Stäbchenbakterien, Spirillen, Monaden u. a. m. Natürlich empfiehlt sich nebenbei auch eine qualitative Untersuchung der Organismen unter Benutzung starker Objektive.

Bei Verwendung von zwei Parallelfäden im Okular oder von Teilstrichen auf der Grundscheibe der Kammer (wodurch Schöpfgefäß, Meßkammer und Zählplatte zu einem verbunden sind) kann diese auf beweglichem Objekttisch, nicht selten auch mit primitiveren Einrichtungen, leicht in toto innerhalb kurzer Zeit bei guter Kenntnis der Organismen ausgezählt werden, sofern man es nicht vorzieht, unter Einschalten von Netzmikrometern oder viereckigen Blenden im Okular Teile der Kammer (eventuell auch in vertikaler Richtung) auszuzählen und aus diesen die Menge der

1) Auch Apochromat 12 mm würde voraussichtlich gut verwendbar sein, doch ist dieses Objektiv für deutsche Instrumente bisher nicht konstruiert worden.

beobachteten Bestandteile für die ganze Kammer zu berechnen. In dieser Beziehung bestehen methodisch weitgehende Parallelen mit der Bakteriologie, für welche nur an die Zählplatten von WOLFFHÜGEL, LAFAR, V. ROZSAHEGYI, ferner an die bereits erwähnten Blenden von P. EHRLICH und G. W. RAFTER erinnert sei. Die Genauigkeit des Zählens in der Planktonkammer ist recht groß; gewisse kleine Fehler können aber trotzdem entstehen und zwar dadurch, daß manche Organismen sich in Detrituskrümeln verbergen.

Die Schärfe der quantitativen mikroskopischen Analyse durch die Kammer kann leicht aus folgendem Versuch erkannt werden: Wenn man sehr feine Waschblaukörner im Wasser verteilt und die Mischung weitgehend verdünnt, so erhält man schließlich ein Wasser, welches in einem weißen Emailleeimer vollkommen klar erscheint. Schöpft man davon eine Probe mit der 1 ccm-Kammer heraus, so wird man leicht und schnell zu seiner Überraschung feststellen können, daß in solchem Wasser im Kubikzentimeter noch Hunderte von feinsten Waschblaukörnchen trotz seiner Klarheit enthalten sind. Ganz ähnliche Wahrnehmungen kann man in der freien Natur machen, wo auch im Wasser sehr klarer Seen im Kubikzentimeter noch Hunderte von feinsten Trübungskörperchen vorhanden sein können.

Will man auch die sehr kleinen Flagellaten, Nitzschien und Naviculeen, soweit dies überhaupt gelingen kann, zahlenmäßig und genau bestimmen, wird man sich zuvor fragen müssen, ob die dadurch bedingte Zeitversäumnis in einem entsprechenden Verhältnis zu dem Wert der gewonnenen Resultate steht. Gegenwärtig können die in der Kammer leichter erkennbaren Planktonorganismen unter Berücksichtigung ihrer Zahl schon wertvolle Aufschlüsse über viele physiologisch und ökologisch wichtige Fragen geben.

In neuerer Zeit hat sich auch gezeigt, daß eine Reihe von Planktonorganismen selbst bei tagelangem Aufenthalt in dem Mikrokosmos der Kammer geeignete Lebensbedingungen finden, so daß die Planktonkammer auch als Kulturgefäß — unter etwaigem Zusatz geeigneter Nährsubstanzen — verwendet werden kann und sich dadurch gleichsam als „PETRI-Schälchen“ des Planktologen bezeichnen ließe.

Bezüglich der bereits erwähnten Kupfersiebe, welche zum Untersuchen großer Wassermengen dienen, sei hier noch bemerkt, daß Siebe mit höheren Nummern als 260 (bis 350) zurzeit nicht in Taft- sondern nur in Köperstruktur, durch welche das Gewebe

an Regelmäßigkeit aber etwas verliert, hergestellt werden können. Es scheint, daß Nr. 260 mit $^1/_{15}$ mm Maschenweite auch zukünftig ein für viele Zwecke sehr brauchbares Muster bleiben wird. Die Leistung solcher Siebe für Filtration von reinem Wasser ohne Anwendung von Druck beträgt pro 50 qcm filtrierender Fläche bei, falls nötig, vorhergehendem kurzem Befeuchten mit Alkohol gegen 40 Liter pro Minute.

Schlußsätze.

Nach den von mir in dieser Arbeit gemachten Vorschlägen ergeben sich die folgenden beiden Definitionen:

Plankton ist die natürliche Gemeinschaft derjenigen Organismen, welche im freien Wasser, bei Strömung willenlos treibend, freilebend, normale Existenzbedingungen haben.

Seston ist jedes Ungelöste, das sich aus dem Wasser absieben läßt.

Plankton ist ist demnach ein Teilbegriff von Seston.

---

43. Hermann Ross: Adventivblättchen auf Melastomaceenblättern, verursacht durch parasitisch lebende Älchen.

(Mit 8 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 27. Juni 1912.)

Auf einer botanischen Studienreise in Mexiko beobachtete ich im September 1906 in der Umgebung der im Staate Vera Cruz etwa 1000 m über dem Meere gelegenen Hazienda Zacuapam (Mirador) an einer nicht blühenden Melastomacee eigenartige Bildungsabweichungen. Diese waren am stärksten ausgebildet an der Sproßspitze und an den letzten Blättern, welche zu unregelmäßigen, blumenkohlartigen Klumpen umgebildet waren, während die älteren, sonst wenig veränderten Blätter sehr verschieden gestaltete Neubildungen trugen. Auf der Unterseite der Blattfläche, am Blattstiel und an den Sproßachsen waren diese Neubildungen mehr oder weniger unregelmäßig verzweigt, bisweilen auch etwas flächenförmig ausgebildet und ihrer anatomischen Beschaffenheit nach Emergenzen. Ebenso verhielt sich ein Teil der Neubildungen auf

der Blattoberseite, während andere dagegen blattartige Struktur zeigten und einige sogar zu kleinen, aber typisch gestalteten Laubblättchen ausgebildet waren.

Da nähere Untersuchungen an Ort und Stelle wegen Mangel an Zeit nicht möglich waren, setzte ich Material in Spiritus und dieses diente zu den im Nachfolgenden beschriebenen Untersuchungen.

* * *

In den jüngsten Teilen der Emergenzen werden mit großer Regelmäßigkeit 0,5 bis 0,7 mm lange „Älchen", und zwar eine *Tylenchus*-Art, angetroffen, die ohne Zweifel die Ursache der Mißbildungen sind. Es handelt sich hier also um ein Helminthocecidium.

Ähnliche Älchengallen wurden von RÜBSAAMEN[1]) an mehreren aus Südamerika stammenden Melastomaceen des Berliner Herbars beschrieben. Eingehende anatomische Untersuchungen über diesen Gegenstand liegen nicht vor.

KÜSTER[2]) erwähnt, daß die Gallmilbe *Eriophyes fraxini* Nal. auf der Oberseite der Blätter von *Fraxinus ornus* in Südtirol blattartige Leisten usw. oder kleine Spreiten hervorbringt, letztere aber nur am Mittelnerv oder an kräftigen Seitennerven. Nähere Angaben über Entwicklungsgeschichte, anatomischen Bau usw. dieser Neubildung werden nicht gemacht.

Die normale Blattfläche der betreffenden Melastomacee zeigt folgenden anatomischen Bau (vgl Fig. 5). Die Epidermis der Oberseite ist sehr kleinzellig und frei von Spaltöffnungen Die erste subepidermale Schicht ist ein wasserspeicherndes Gewebe (Hypoderm), das aus dünnwandigen und sehr weitlumigen Zellen besteht, deren Höhe etwa $^1/_5$ des ganzen Blattdurchmessers beträgt und etwa 8 mal größer ist als die der Epidermiszellen. Dieses Hypoderm ist am normalen Blatt stets einschichtig. An vielen Stellen, meist in das darunter befindliche blattgrünführende Gewebe eingesenkt, findet sich eine ebenfalls dünnwandige, blattgrünfreie Zelle mit einer großen Druse von oxalsaurem Kalk. Darauf folgen meist 2 — 3 Schichten von kurzen Palisadenzellen. Hypoderm und Palisadenparenchym fehlen über den starken Nerven; das Schwamm-

1) RÜBSAAMEN, EW. H., Beiträge zur Kenntnis außereuropäischer Zoocecidien. Marcellia. VI (1907), 167.

2) KÜSTER, ERNST, Über zwei organoide Gallen: Die Wiederholung blattrandiger Strukturen auf Blattspreiten. Marcellia. V (1906), 46. — Id. Die Gallen der Pflanzen. Leipzig 1911, 117 und 130.

parenchym besteht aus 5 — 8 Schichten rundlicher Zellen. In letzteren befinden sich ebenfalls zahlreiche Kalkoxalatdrusen, die jedoch in der Regel viel kleiner sind. Die Epidermis der Blattunterseite ist sehr kleinzellig und reich an kleinen Spaltöffnungen. Die Leitbündel bieten nichts Bemerkenswertes. Haare von verschiedener Gestalt und Größe finden sich überall; besonders häufig treten sie auf der unteren Fläche der Blattspreite und am Blattstiel auf.

Nach dem anatomischen Bau des Blattes gehört die vorliegende Pflanze zur Gattung *Conostegia* [1]) und vergleichende Untersuchungen ergaben, daß sie mit *Conostegia subhirsuta* DC. völlig übereinstimmt. Diese Art kommt auch tatsächlich in dem Gebiete vor, wo ich die Gallbildung sammelte[2]).

* * *

Betrachten wir zunächst diejenigen Fälle, bei denen augenscheinlich infolge schwacher oder später Infektion die Gesamtanlage des Blattes selbst wenig verändert ist. Hier zeigt die Blattfläche dann nur unregelmäßige Zusammenziehung oder Hervorwölbung nach oben oder nach unten. Auf dem obersten Teile derselben finden sich bisweilen kleinere Auswüchse. Auch Rollung oder unregelmäßige Verkrümmung des Randes kommen vor, und dann pflegt eine mehr oder minder starke und ausgedehnte Verdickung des Blattgewebes in den Randpartien aufzutreten. In anderen Fällen zeigt der Rand verschieden beschaffene und gestaltete Ausbuchtungen; bisweilen kommen auch Verdickungen der Nerven vor. Hand in Hand damit geht vielfach eine stärkere und reichere Entwickelung der Haarbildungen.

Wenn stärkere und ausgedehntere Mißbildungen auf einem Blatte auftreten, so sind dieselben im allgemeinen nicht beliebig auf der Blattfläche verteilt, sondern finden sich vorzugsweise auf und neben den Nerven oder in deren unmittelbarer Nähe (Fig. 1 und Fig. 8). In der Regel sind die Neubildungen um so kräftiger entwickelt, je stärker der benachbarte Nerv ist. Die Auswüchse kommen auf beiden Seiten der Lamina vor, bei meinem Material reichlicher auf der Unterseite.

Ganz junge Entwicklungsstadien standen mir leider nicht zur Verfügung. Es scheint aber, daß die Bildung der Auswüchse auf

1) Vgl. GOTTSCHALL, MICHAEL, Anatomisch-systematische Untersuchungen des Blattes der Melastomaceen aus dem Tribus Miconieae. Inaug.-Diss., München 1900 und Mémoires de l'Herbier Boissier. I, no. 19 (1900), 56.

2) Biologia Centrali-Americana. Botany I, London 1979 — 88, 424.

der Blattunterseite eingeleitet wird durch Zellteilungen in den subepidermalen Schichten des Schwammparenchyms, meist unter gleichzeitiger Beteiligung der parenchymatischen Elemente der benachbarten Leitbündel. Die Epidermis folgt durch entsprechendes Flächenwachstum allen Veränderungen der unter ihr entstehenden Neubildungen, beteiligt sich aktiv aber nicht an dem Aufbau der

Fig. 1. *Conostegia subhirsuta* DC. Blattunterseite mit Emergenzen. 1 : 1.

neuen Gewebe. Das Wachstum der letzteren bewegt sich hauptsächlich in der Längsrichtung, ist vielfach aber auch unregelmäßig und so entstehen nach und nach Auswüchse von sehr verschiedener Länge und Größe, Gestalt und Beschaffenheit, die aber doch typische Emergenzen (Exkreszenzen) sind (Fig. 2 A und B). Meist sind dieselben an der Spitze mehr oder minder zerklüftet und zeigen seitlich oft tiefe Einbuchtungen, in denen wiederum

größere und kleinere Auswüchse vorhanden sind (Fig. 2 C). Zwischen den zarten, meist ziemlich eng zusammenschließenden, innersten Gewebewucherungen finden sich zahlreich die Älchen.

Der innere Bau dieser Emergenzen ist stets sehr einfach; auch die größten bestehen nur aus gleichmäßigen, dünnwandigen Parenchymzellen, die in der Richtung der Längsachse meist etwas ge-

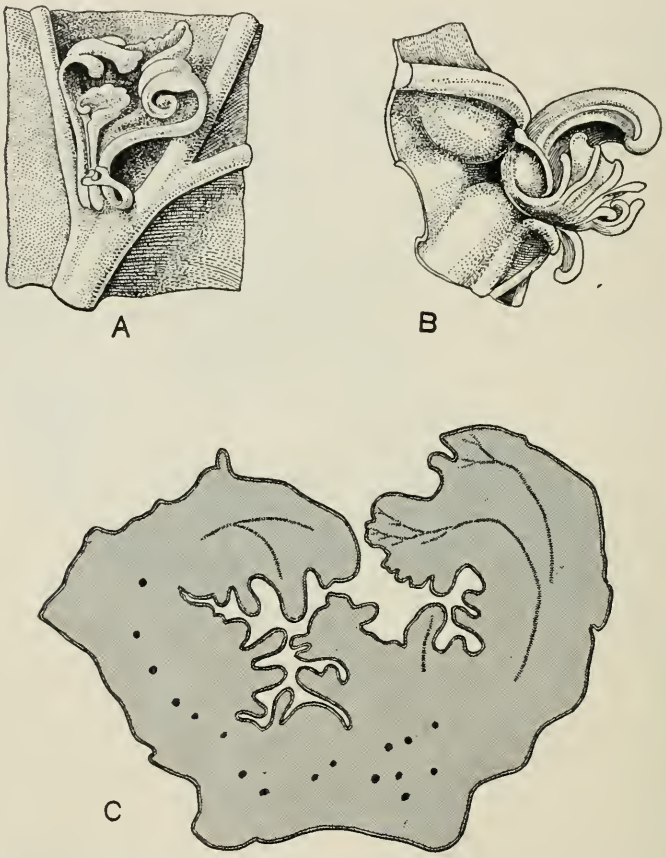


Fig. 2. *Conostegia subhirsuta* DC. A und B Emergenzen der Blattunterseite. 4 : 1. C Querschnitt einer Emergenz. (Schematisch.) 20 : 1.

streckt sind. Die äußersten Schichten zeigen schwache kollenchymatische Verdickungen der Wände. In den mittleren Partien finden sich unregelmäßig verteilt kleine, konzentrisch gebaute Leitbündel, oft in großer Zahl; sie bestehen aus einigen in der Mitte gelegenen Ring- oder Spiralgefäßen, die von langgestreckten, dünnwandigen, nicht verholzten, plasmareichen Zellen umgeben

sind. Das Ganze ist umgeben von einer Schicht von Parenchymzellen mit zahlreichen Stärkekörnern (Stärkescheide). Diese Leitungsbahnen setzen sich stets in der Richtung nach den normalen Leitbündeln fort und schließen sich direkt oder indirekt an diese an

Bisweilen nehmen diese Neubildungen eine mehr oder minder abgeflachte Gestalt an und in manchen Fällen erinnern sie in bezug auf die äußere Gestalt sogar an blattartige Organe (Fig 2 A und B). Dies ist aber nur äußerlich, denn niemals sieht man auch nur eine Andeutung von typischem Blattbau.

Einzelne Auswüchse der Blattunterseite wiederum sind verhältnismäßig dünn und erreichen eine größere Länge; man könnte an wurzelartige Gebilde denken, aber anatomisch und morphologisch spricht nichts für eine solche Deutung.

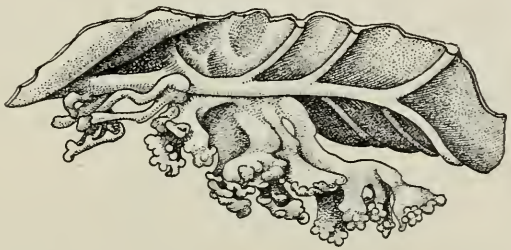


Fig. 3. *Conostegia subhirsuta* DC. Stark verzweigte, langgestreckte Emergenzen der Blattunterseite. 4 : 1.

Den höchsten Grad der äußeren Gliederung erreichen einige Emergenzen, indem sie sich vielfach verzweigen, achsenartig sich strecken, an der Spitze sich wiederum teilen usw. und so äußerlich an kleine Hexenbesen erinnern (Fig. 3). Trotzdem zeigen sie denselben einfachen anatomischen Bau wie die bisher beschriebenen Gebilde.

Bemerkenswert ist ferner, daß an solchen Orten der Blattfläche, an denen sich unterseits Auswüchse finden, oberseits ein zweischichtiges Hypoderm vorhanden ist. Hierauf komme ich später zurück.

* * *

Wenden wir uns nun zu den Neubildungen auf der Oberseite der Blattfläche. Schon makroskopisch ist wahrnehmbar, daß sie von verschiedener Beschaffenheit sind, je nachdem sie sich unmittelbar über einem der stärkeren Nerven oder seitlich von demselben befinden (vgl. auch Fig. 8).

Über den starken Nerven der normalen Blattfläche fehlt, wie schon erwähnt, das sonst überall vorhandene, einschichtige, großzellige, dünnwandige Hypoderm sowie das Palisadenparenchym. An Stelle dieser Gewebe finden sich kollenchymatisch ausgebildete Zellen. Auf diese folgen chlorophyllfreie, dünnwandige und ziemlich große Parenchymzellen, die sich bis an das Leitbündel erstrecken; die äußeren Schichten derselben entsprechen der Lage nach den Palisadenzellen.

Bei der Ausbildung der Galle bleiben die subepidermalen kollenchymatischen Zellen stets unverändert; sie scheinen zur Hervorbringung von Neubildungen nicht befähigt zu sein[1]). Die darunter gelegenen Parenchymzellen dagegen verlängern sich und werden meristematisch, wahrscheinlich gleichzeitig mit den benachbarten parenchymatischen Elementen des Siebteiles. Die hieraus entstehenden Emergenzen sind sehr einfach gebaut; sie entbehren sowohl des Hypoderms als auch der Palisadengewebe und zeigen im allgemeinen das Verhalten der Neubildungen auf der Blattunterseite. Unmittelbar über den starken Nerven kommt es also nicht zur Ausbildung von blattartigen Organen.

Anders verhalten sich die Neubildungen, die an solchen Stellen der Blattoberseite entstehen, wo Mesophyll vorhanden ist. Die hier zuerst wahrnehmbare anatomische Veränderung besteht darin, daß an bestimmten Stellen unter dem normalen, einschichtigen Hypoderm eine zweite Lage von größeren, dünnwandigen, blattgrünfreien Zellen auftritt. Dies kommt dadurch zustande, daß die zweite subepidermale Schicht nicht wie bei der normalen Entwickelung des Blattes zu Palisadenzellen wird, sondern die gleiche Ausbildung erfährt wie die erste Schicht. Nachträgliche Teilungen der Zellen kommen nur verhältnismäßig selten vor. Die hier in Betracht kommenden Reizwirkungen müssen sich also schon zu einer Zeit geltend machen, wann die einzelnen Gewebeformen des Blattes noch nicht differenziert sind, die Blätter also nur eine Breite von wenigen Millimetern besitzen.

Der Ausgangsort dieser Neubildungen auf der Blattoberseite liegt unter dem Palisadenparenchym und höchstwahrscheinlich in den dünnwandigen Zellen in der unmittelbaren Umgebung der Leitbündelverzweigungen. Hier tritt zuerst eine lokale Zellvermehrung ein unter Ausbildung von neuen Leitungsgeweben.

---

1) Bemerkenswert ist, daß die kollenchymatischen Zellen auf der Unterseite der Nerven imstande sind, zu Korkmutterzellen zu werden für Wundperiderm.

Dadurch entsteht eine höckerartige Emergenz, die folgenden Bau zeigt: die kleinzellige Epidermis, ein meist aus zwei, bisweilen auch mehreren Schichten bestehendes Hypoderm, meist typisch ausgebildete Palisadengewebe, in der Mitte chlorophyllfreie Parenchymzellen und schwache Stränge von Leitungsgeweben. Das Längenwachstum scheint in allen Teilen der Neubildung vor sich zu gehen. In den meisten Fällen hat die Emergenz bei der weiteren Entwickelung eine zylindrische oder schwach kegelförmige Gestalt, und ein Längsschnitt zeigt dann typisches Palisadengewebe auf beiden Seiten. Früher oder später tritt an der Spitze oder auch etwas seitlich eine Veränderung ein, indem eine Stelle im Wachstum zurückbleibt und die Zellen des Hypoderms

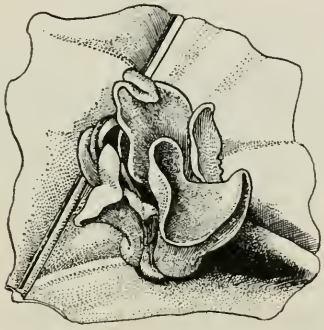


Fig. 4. *Conostegia subhirsuta* DC. Blattartige Neubildungen auf der Blattoberseite. 4 : 1.

sich vielfach teilen; die Epidermiszellen zeigen an solchen Stellen meist einen bräunlichen Inhalt, während sie sonst farblos sind. Zu beiden Seiten dieser im Wachstum gehemmten Stellen entwickeln sich die Gewebe weiter und so teilt sich die Emergenz in zwei, in der Regel mehr abgeflachte, mehr oder minder blattartig ausgebildete Stücke, von denen eins meist größer wird als das andere. Wann die Teilung eintritt, pflegt schon eine Verzweigung der Leitungsgewebe in der Richtung der Teilstücke vorhanden zu sein.

Die so entstandenen Neubildungen zeigen in der Regel blattartige Gestalt und Beschaffenheit. Oft sind sie allerdings nur flächenförmige, etwas gefaltete oder krause Gebilde (Fig. 4), bei höchster Entwickelung aber kleine Blättchen mit gut ausgebildeter Spreite und mehr oder minder deutlichem Stiel (vgl. Fig. 8); dazwischen gibt es alle Übergänge. Es handelt sich also hier um Adventivblättchen, entstanden durch Reize, die von den para-

sitisch lebenden Älchen ausgegangen sind. Die Parasiten scheinen aber an diesen Organen nicht zu leben, wenigstens sah ich nichts von ihnen bei meinem Material.

Die inneren Flächen, die bei der Teilung der Emergenz sich neu gebildet haben, werden zur Blattunterseite, da Hypoderm und Palisadenzellen fehlen, ein Schwammgewebe dagegen sich ausgebildet hat und auch Spaltöffnungen sowie die typische Haarbildung vorhanden sind.

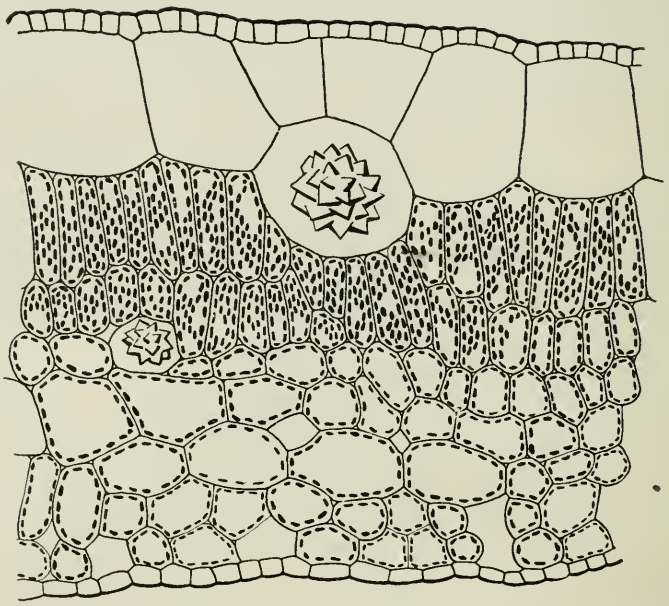


Fig. 5. *Conostegia subhirsuta* DC. Querschnitt eines Adventivblättchens. 100 : 1.

Die Adventivblättchen zeigen also nicht nur die äußeren Merkmale, sondern auch den inneren Bau eines normalen Blattes bis in alle Einzelheiten (Fig. 5).

Bei umfangreichen Neubildungen der Blattoberseite, die augenscheinlich eine langandauernde Entwickelung durchgemacht haben und über einem starken Nerven liegen, kommt noch eine andere Weise der Ausbildung von Adventivblättchen vor. Es finden sich nebeneinander zahlreiche, mehr oder minder große Emergenzen, die oft ein oben unregelmäßig eingebuchtetes Polster bilden, auf dem erst die flächenförmig ausgebildeten blattartigen Gebilde entstanden sind (Fig. 6). Bisweilen finden sich auch unregelmäßig gestaltete oder mäanderartig gewundene Neubildungen und an den

verborgensten Stellen derselben werden Älchen wiederum in großer Menge angetroffen. Die Adventivblättchen selbst beherbergen auch hier niemals Galltiere.

Bei den am höchsten entwickelten Adventivblättchen, meist also solchen, die am Außenrande eines Mißbildungsherdes stehen (vgl. Fig. 8), sind die Blattspreiten so orientiert, daß die gleichen Blattflächen einander zugekehrt sind, d. h. die Oberseiten der Adventivblättchen sind der Oberseite des Mutterorgans zugewendet und die Unterseiten der Adventivblättchen sind gegeneinander gerichtet (Fig. 7). Solche Stellungsverhältnisse kehren immer wieder

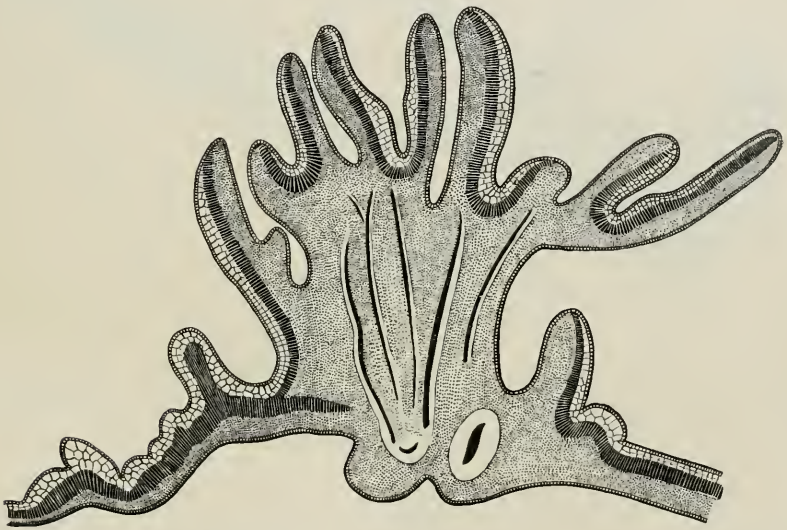


Fig. 6. *Conostegia subhirsuta* DC. Querschnitt einer polsterartigen Neubildung mit Adventivblättchen auf der Blattoberseite. (Schematisch.) 10 : 1.

und finden sich auch bei zahlreich nebeneinander auftretenden Blättchen (Fig. 6). Diese Gesetzmäßigkeit kommt auch bei anderen durch Galltiere erzeugten Neubildungen[1]) sowie auch bei Mißbildungen teratologischer Natur vor[2]).

In einigen Fällen sind Neubildungen auch am Blattstiel vorhanden. Dieselben bestehen aber stets nur aus länglichen oder

---

1) Vgl. PEYRITSCH, J., Zur Ätiologie der Chlorantien einiger *Arabis*-Arten. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik 13 (1882), 4. — KÜSTER, E., l. c. 118.

2) MASTERS, MAXWELL, T., Pflanzenteratologie (Übersetzung von U. DAMMER). 407.

rundlichen, seltener abgeflachten Emergenzen, die sich bisweilen wiederholt verzweigen und eine Länge von mehreren Millimetern erreichen. Ihr anatomischer Bau entspricht vollkommen dem der Emergenzen auf der Blattunterseite.

Die gänzlich mißgebildeten Blätter und die blumenkohlähnlichen Massen an den Sproßspitzen bieten nichts Besonderes in anatomischer Hinsicht. Sie sind nur Anhäufungen zahlreicher und oft auch verhältnismäßig großer Auswüchse. In solchen Fällen hat

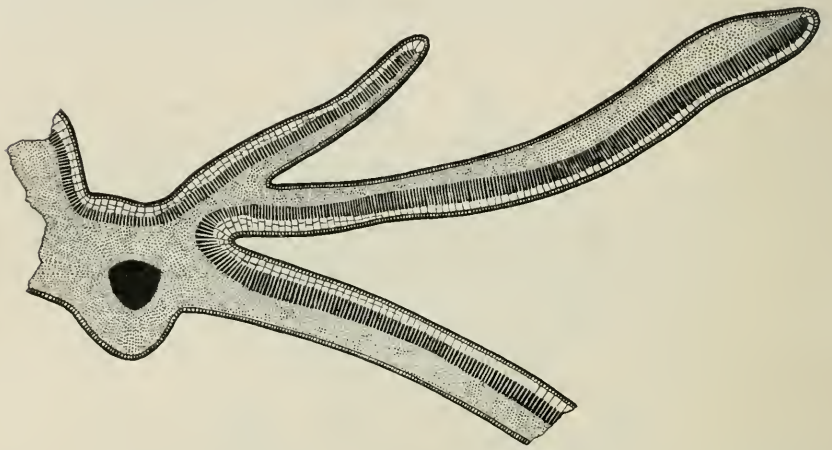


Fig. 7. *Conostegia subhirsuta* DC. Zwei Adventivblättchen im Längsschnitt. (Schematisch.) 20 : 1.

die Infektion der betreffenden Organe wahrscheinlich so frühzeitig stattgefunden, daß es zu deren Ausbildung und Entwickelung gar nicht mehr gekommen ist.

* * *

Auf eine briefliche Anfrage teilte mir Herr Prof. Dr. G. HIERONYMUS (Dahlem-Berlin) mit, daß sich in seinem jetzt dem Berliner Botanischen Museum einverleibten Herbar ähnliche durch Älchen erzeugte Mißbildungen befänden. Die Direktion der Berliner Botanischen Sammlungen sandte mir gütigst das betreffende Material, das das meine vortrefflich ergänzt.

Es handelt sich hier um eine nicht näher bestimmte *Miconia*-Art aus Brasilien (Ule, Herb. Brasil. Nr. 58) mit kräftiger, fast 25 cm langer Blattspreite. Die Mißbildungen finden sich ausschließlich auf der Oberseite und ebenfalls nur auf oder neben den stärksten Nerven. Die Adventivblättchen sind hier zahlreicher

entwickelt sowie stärker und größer als bei meinem mexikanischen Material. Viele derselben zeigen Stiel und Spreite gut ausgebildet (Fig. 8); die größten sind fast 10 mm lang und 3—4 mm breit.

In bezug auf den anatomischen Bau konnte ich ebenfalls eine völlige Übereinstimmung zwischen Adventiv- und Mutterblatt fest-

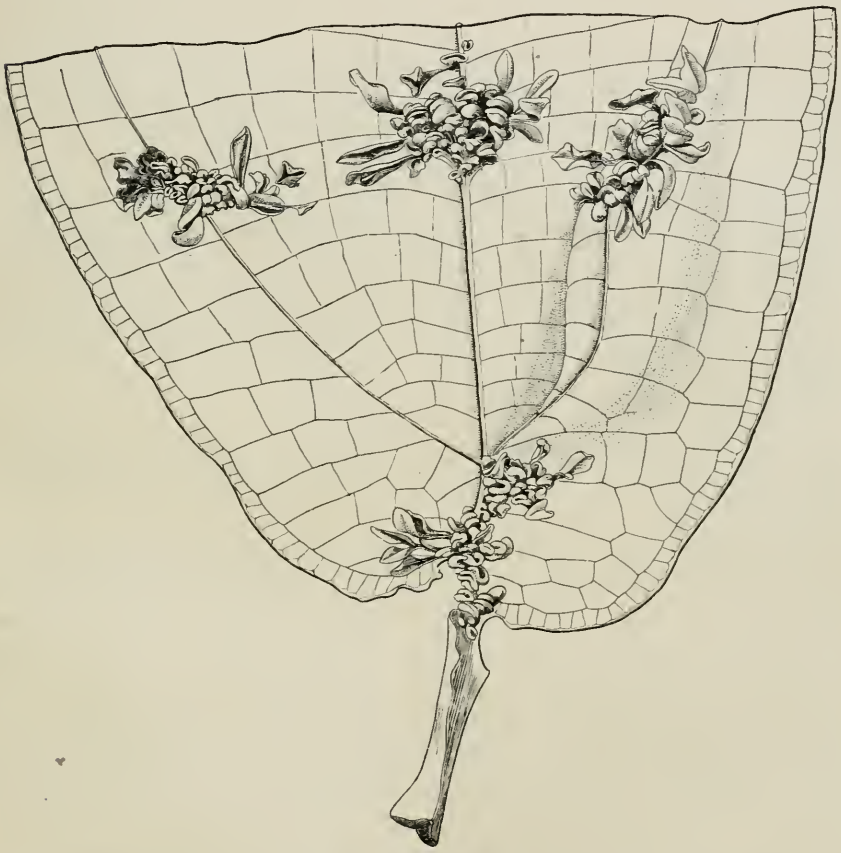


Fig. 8. *Miconia spec.* Unterer Teil eines Blattes mit Adventivblättchen. 1 : 1.

stellen. An den Stellen, die oberseits die Mißbildung tragen, ist auf der Blattunterseite nur eine etwas stärkere Behaarung vorhanden. Auswüchse in Gestalt langer und dicker Emergenzen finden sich auch hier an den Blattstielen.

Auch das Material, das Herr EW. H. RÜBSAAMEN in seiner angeführten Arbeit beschreibt, wurde mir von demselben in liebenswürdiger Weise zur Ansicht gesandt. Es liegen hier dieselben

Verhältnisse vor wie in den von mir beschriebenen Fällen. Die Adventivblättchen erreichen aber nicht den hohen Grad der Ausbildung, wie ihn Fig 8 zeigt.

Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen konnte ich in beiden Fällen nicht ausführen, da das Herbarmaterial sich hiefür nicht eignet.

* * *

Die Älchen nehmen ihre Nahrung in der Weise auf, daß sie eine Epidermiszelle mit dem allen parasitisch lebenden *Tylenchus*-Arten zukommenden vorstreckbaren Mundstachel anbohren und Säfte aus derselben saugen. Der Körperbau der Älchen zeigt entsprechende Einrichtungen für diese Arten der Nahrungsaufnahme[1]). Verletzungen der betreffenden Zelle oder irgendwelche Störungen ihrer inneren Organisation habe ich nie gesehen; im Gegenteil, dort, wo die Älchen zahlreich angetroffen werden, finden sich meist auch reichlich junge Neubildungen und die Epidermis folgt stets vermittelst fortgesetzter Teilungen der oft bedeutenden Größenzunahme.

Als Entstehungsursache der Gallbildungen kommen besonders zwei Möglichkeiten in Betracht: chemische Reize und traumatische Reize[2]).

Der Frage, ob traumatische Reize für die Neubildungen hier in Betracht kommen, habe ich versucht, auf experimentellem Wege näher zu kommen. Bei mehreren Melastomaceen in den Warmhäusern des Münchner Botanischen Gartens führte ich bald nach meiner Rückkehr aus Mexiko Verwundungen aus vermittelst Stichen und Einschnitten von verschiedener Ausdehnung und Tiefe, an Blättern in verschiedenen Entwickelungsstufen und auch an verschiedenen Regionen der Blattspreite. In keinem Falle traten Neubildungen auf. Bei tiefer gehenden Verletzungen wurde das Blatt meist frühzeitiger als sonst abgeworfen, bei schwächeren Eingriffen trat keine wesentliche Veränderung ein, höchstens starben die der Wundstelle zunächst liegenden Zellkomplexe ab. Leider habe ich nur wenige derartige Versuche machen können, und die negativen Resultate dürfen nicht überraschen. Ich hoffe,

---

1) MARCINOWSKI, KATI, Parasitisch und semiparasitisch an Pflanzen lebende Nematoden. Arbeiten aus der Kaiserlichen Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft. VII (Berlin 1909), 1.

2) KÜSTER, E., l. c. 279. — WINKLER, HANS, Untersuchungen über Pfropfbastarde. I. Teil (Jena 1912), 76—93.

später die Versuche in größerem Maßstabe und von verschiedenen anderen Gesichtspunkten geleitet, wieder aufnehmen zu können.

Die Resultate mehrerer neuerer experimenteller Arbeiten liefern den Beweis, daß auch durch traumatische und ähnliche Reize Neubildungen von sehr verschiedener Beschaffenheit und verschiedenem Umfang, zum Teil allerdings nur Intumeszenzen, entstehen können [1]).

Chemische Reize müssen in dem hier vorliegenden Falle durch Stoffe ausgeübt werden, die bei dem Durchbohren der Zellwände oder während der Nahrungsaufnahme in die betreffenden Zellen der Wirtspflanze gelangen. Hierüber ist in bezug auf Älchen Näheres nicht bekannt und es läßt sich bei der Kleinheit der *Tylenchus*-Arten auch schwer etwas darüber ermitteln. Die Älchen besitzen jedoch Organe, die wirksame Stoffe liefern könnten, und die ebenfalls parasitisch lebenden verwandten *Ascaris*-Arten sondern bekanntlich in großem Maße giftige Stoffe ab [2]).

Das indifferente Verhalten der direkt betroffenen Epidermiszellen einerseits und anderseits die Tatsache, daß der eigentliche Bildungsherd der hier behandelten Gallen zum Teil mehrere Zellschichten entfernt von dem Angriffspunkt liegt, deuten auf Wirkungen von chemischen Reizen hin, denn diese können leicht von Zelle zu Zelle diffundieren und dann erst auf dafür empfängliche Gewebepartien wirken.

* * *

Die Entwicklungsgeschichte der *Conostegia*-Gallen weist ebenfalls darauf hin, daß der erste Anstoß, welcher die Störungen in der normalen Entwickelung des Blattes und der dabei herrschenden Korrelationsverhältnisse bedingt, ein chemischer Reiz ist. Die dadurch eingeleiteten Wachstumsvorgänge stehen aber in enger Beziehung zu den allgemeinen Ernährungsverhältnissen, indem die

---

1) Beusekom, Jan van, On the influence of wound stimuli on the formation of adventitions buds in the leaves of *Gnetum Gnemon L.* Recueil des travaux botaniques Néerlandais. IV (1908), 149. — Sorauer, Paul, Handbuch der Pflanzenkrankheiten. I (1909), 435. — Marx, Lilly M, Über Intumeszenzbildung an Laubblättern infolge von Giftwirkung. Österr. Bot. Zeitschrift. 61 (1911), 49. — Küster, E, l c. 261.

2) Vgl. Weinland, E., Der Stoffwechsel der wirbellosen Tiere. Oppenheimers Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere. IV, 2 (1910), 472. — Goldschmidt, R., Die *Ascaris*-Vergiftung. Münchner Medizinische Wochenschrift. 27 II (1910), 1981.

Nährstoffe in neue Bahnen gelenkt und an sonst untätigen Stellen zum Aufbau der Neubildungen verbraucht werden. In der Umgebung der Gallen bleiben die nachträglichen Teilungen in der zweiten subepidermalen Schicht aus, die Zellen werden ebenso groß wie die des darüber liegenden Hypoderms und Chlorophyllkörner kommen nicht zur Ausbildung. Hier tritt also eine Hemmung ein. An den Grenzen dieser Hemmungserscheinungen kann man oft erkennen, daß die zweite Schicht des Hypoderms der obersten Schicht des Palisadenparenchyms entspricht und bisweilen zeigen einzelne Zellen auch Übergänge zwischen den beiden Gewebeformen.

Das zweischichtige Hypoderm tritt in Zusammenhang mit allen Neubildungen auf, also nicht nur bei denen auf der Oberseite, sondern auch bei denjenigen auf der Unterseite; seine Ausdehnung entspricht meist ziemlich genau der der Neubildung und erstreckt sich seitlich nur wenig über diese hinaus. Wenn zwischen mehreren Auswüchsen auf der Blattunterseite sich eine normal gebliebene Partie befindet, so ist ihr gegenüber das Hypoderm in der Regel einschichtig; hier hat also normale Ernährung und folglich normale Zellteilung geherrscht, die dann auch zur typischen Ausbildung des Palisadengewebes führte. Die Störung der Korrelationsverhältnisse ist hier also eine begrenzte.

Bei Infektion sehr junger Organe oder bei dem Vorhandensein zahlreicher Parasiten werden die allgemeinen Korrelationsverhältnisse des Blattes überhaupt aufgehoben und es entstehen dann die blumenkohlartigen Massen, die sich besonders an der Sproßspitze finden.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Neubildungen in Form von Emergenzen typische Gallbildungen sind. Die Älchen rufen sie hervor und finden zwischen den Gewebewucherungen Nahrung und Wohnung. Da die Emergenzen auf der Blattoberseite allmählich in die Adventivblättchen übergehen, müssen auch letztere als Gallbildungen betrachtet werden, obgleich sie nicht in direkten ernährungsphysiologischen Beziehungen zu den Galltieren stehen, da sie keine Parasiten beherbergen. Es ist sogar nicht ausgeschlossen, daß die Adventivblättchen in manchen Fällen nicht unmittelbar von den Älchen hervorgerufen werden, da sie bisweilen neben einem Bildungsherde frei auf der Blattfläche entstehen (Fig. 7). Vielleicht handelt es sich um eine Fernleitung oder Ausdehnung des vorhandenen Bildungsreizes.

* * *

Adventivblättchen können bei Melastomaceen auch aus inneren Ursachen entstehen. MORREN[1]) beschreibt einen solchen Fall, begleitet von einer guten Abbildung, an einer nicht bestimmten, üppig im Warmhaus gedeihenden *Miconia*-Art. Blättchen von typischer Gestalt und Beschaffenheit, aber nur von $^1/_{20}$ der Größe des Mutterblattes, hatten sich an den Nerven auf der Blattoberseite gebildet. Nähere Angaben finden sich nicht. Die Oberseite des Blättchens war auch hier der Oberseite des Mutterblattes zugewendet und die Unterseite des Blättchens nach oben gerichtet. Ein von Parasiten ausgehender Reiz ist hier wohl ausgeschlossen, da die Blätter sonst keine Spur von Mißbildungen trugen; die Ursache dürfte in üppiger Ernährung und günstigen allgemeinen Lebensbedingungen (hohe Temperatur, Feuchtigkeit) zu suchen sein.

Ähnliche Mißbildungen beschreibt LEMAIRE[2]) für *Heterocentron macrodon Triana*.

---

44. K. Snell: Der Transpirationsstrom der Wasserpflanzen.

(Eingegangen am 28. Juni 1912.)

In seinen interessanten „Untersuchungen über die Verteilung des osmotischen Druckes in der Pflanze in Hinsicht auf die Wasserleitung" stellt E. HANNIG[3]) fest, „daß im allgemeinen der osmotische Druck in den Wurzelgeweben geringer ist als in den Blattzellen." Obwohl Verf. nicht der Ansicht ist, durch seine Untersuchungen den Beweis erbracht zu haben, daß die wasserbewegende Kraft in den Pflanzen in dem nachgewiesenen osmotischen Gefälle begründet liege, so ist doch die Möglichkeit dieser Beziehungen nicht von der Hand zu weisen. Schwierigkeiten in der Theorie scheinen ihm die ganz untergetaucht wachsenden Wasserpflanzen zu machen, „bei denen kein Transpirationsstrom existiert" und die dennoch keine Ausnahme für den oben angeführten Satz

1) MORREN, ED., Notices sur l'autophyllogénie ou production des feuilles par les feuilles. Bull. de l'Académie des sciences, Bruxelles. 16 (1849), 52.

2) LEMAIRE, CH., Illustration Horticole. Juli 1860, Misc. 46.

3) Diese Berichte, Bd. XXX, 1912, S. 194—204.

bilden. Nun glaube ich aber 1907 [1]) nachgewiesen zu haben, daß sowohl die in betracht kommenden untergetauchten, als auch die schwimmenden Wasserpflanzen sich in bezug auf den Wasserstrom genau wie Landpflanzen verhalten. Ich konnte zeigen, daß eine Aufnahme von Nährstoffen durch die Wurzeln auch bei submersen Wasserpflanzen zu einer normalen Entwicklung notwendig sei. Ich war auch imstande, den aufsteigenden Wasserstrom mit Hilfe einer nachweisbaren Flüssigkeit (Ferrocyankaliumlösung) direkt festzustellen. Die Hannigschen Untersuchungen bieten mir eine weitere indirekte Stütze für meine Ansicht, zeigen sie doch, daß sich die Wasserpflanzen auch in ihren osmotischen Verhältnissen nicht von den Landpflanzen unterscheiden. Selbst für die schwimmende Wasserpflanze *Pistia stratiotes*, deren Nahrungsaufnahme durch die Wurzeln ich seinerzeit bewiesen hatte, wurden dieselben Differenzen im osmotischen Druck von Blatt- und Wurzelzellen festgestellt. Es liegt keinerlei Grund zu der noch vielfach herrschenden Ansicht vor, daß die im Boden wurzelnden untergetauchten Wasserpflanzen sich von den Landpflanzen dadurch wesentlich unterscheiden, daß sie ihre Nahrung nicht durch die Wurzeln, sondern durch die ganze Oberfläche aufnehmen.

Bahtim (Kairo), Botanisches Laboratorium der Khedivialen Landwirtschaftsgesellschaft, Juni 1912.

---

1) Unters. über die Nahrungsaufnahme der Wasserpflanzen. Flora Bd. 98, Heft 2.

Sitzung vom 26. Juli 1912.

Vorsitzender: Herr J. BEHRENS.

Als ordentliches Mitglied wird proklamiert Herr **Häuser, Robert,** in Saarbrücken.

Mitteilungen.

45. G. Mylius: Das Polyderm.

(Eingegangen am 7. Juli 1912.)

Seit 50 Jahren ist bei Untersuchung des Periderms immer wieder das Augenmerk auf eine eigenartige Erscheinung gerichtet worden, und zwar auf das Vorkommen eines wellig gebogenen, tangential um die Korkzellen des Phelloidkorkes laufenden Ringes. Man fand die Erscheinung in einigen Pflanzengruppen, so vornehmlich bei den Rosaceen, Myrtaceen, Önotheraceen und Hypericaceen. Manche Autoren meinten, daß darin eine Besonderheit der Korke dieser Pflanzen liege, andere sahen in diesem vermeintlichen Kork ein rudimentäres Aerenchym. Auch wurde hier und da auf eine gewisse Ähnlichkeit zwischen dem CASPARYschen Streifen und dieser Erscheinung hingewiesen. Doch ist von keiner Seite das Wesen des betreffenden Gewebes richtig aufgefaßt worden.

Ich habe daher auf Veranlassung von Herrn Professor ARTHUR MEYER in einer demnächst in der Bibliotheka Botanika erscheinenden Arbeit[1]) in möglichst eingehender Weise Klarheit in

1) Dr. G. MYLIUS, Das Polyderm. Eine entwicklungsgeschichtliche Untersuchung der physiologischen Scheiden Polyderm, Periderm und Endodermis. Arbeit aus dem Botanischen Institut zu Marburg, ausgeführt unter Leitung von Prof. ARTHUR MEYER.

die Verhältnisse zu bringen gesucht. Dabei stellte sich heraus, daß das genannte Gewebe, für das Herr Prof. MEYER den Namen Polyderm vorschlug, grundsätzlich nichts mit Kork gemein hat. Als Kardinalpunkte der Charakteristik des Polyderms sind anzuführen: 1. Das Polyderm ist ein lebendes Gewebe. 2. Die Suberinlamellen führenden Zellen im Polyderm sind Endodermzellen. Des weiteren mag noch folgendes zur Kennzeichnung des Wesens des Polyderms dienen: Polyderm tritt auf in Wurzel und Achsen der Rosoideen, Neilleen, Hypericaceen, Lythraceen, Melastomaceen, Myrtaceen, und zwar als äußerste Schicht des Zentralzylinders. Es ist ein überaus regelmäßig gebautes Gewebe, das sich zusammensetzt aus Endoderm- und Parenchymzellschichten, die in regelmäßiger Folge miteinander abwechseln. Sämtliche Gewebeschichten gehören genetisch zueinander. Eine Endodermis ist immer mit der nächstäußeren Parenchymschicht, dem Zwischengewebe, gleichzeitig entstanden, und beide bilden zusammen eine Polydermlamelle. Die innerste Polydermlamelle besitzt innerhalb der Endodermis noch eine Initialschicht, aus der nach einiger Zeit die nächstfolgende Polydermlamelle hervorgeht. Dies geschieht in ganz bestimmten und ganz charakteristischen Teilungsfolgen, deren man hauptsächlich zwei zu unterscheiden hat: die centripetale und die Rosoideenteilungsfolge. In dem Maße, wie an der Innenseite des Polyderms Polydermlamellen entstehen, sterben die äußeren ab, so daß eine ständige Erneuerung und Verjüngung des Gewebes stattfindet. Jede Polydermlamelle lebt etwa ein Jahr. Die Entwicklung des Polyderms kann entweder unbegrenzt fortgesetzt werden, oder aber nach Anlage einer bestimmten Anzahl von Polydermlamellen wird das Wachstum des Polyderms eingestellt, ein neues in einer tieferen Gewebeschicht gebildet und so fort.

Die Polydermendodermen entsprechen physiologisch und morphologisch völlig den Wurzelendodermen. Sie können sich bis zum Tertiärstadium entwickeln und auch tertiäre Stützwände bilden. Nur bezüglich ihrer Entstehung zeigen die Polydermendodermen die Besonderheit, daß sie sich aus Folgemeristem entwickeln, was jedoch auch bei den Zylinderendodermen der betreffenden Arten vorkommt. Das Zwischengewebe ist meist mehrschichtig und besitzt Intercellularen. Das ganze Polydermgewebe umfaßt durchschnittlich drei oder zwei Polydermlamellen, je nachdem die Polydermendodermen Durchlaßzellen führen oder nicht. Die an der Außenseite des Gewebes liegenden toten Lamellen werden sehr bald abgestoßen. Wo dies nicht schnell genug stattfindet, löst sich die Suberinlamelle der toten Endodermzellen ganz

oder teilweise auf. Das tote Polydermgewebe besitzt eine sehr geringe Festigkeit und Elastizität.

Polyderm an submersen Pflanzenteilen kann lakunös und so zum Aerenchym werden. Dabei behalten aber die Endodermzellen unter sich ihren festen und intercellularenfreien Verband, so daß die Endodermen ihre Geschlossenheit und ihren Scheidencharakter wahren. Verwundungen einer Polyderm bildenden Pflanze können durch Polyderm geschlossen werden. Niemals jedoch tritt Wundperiderm an den betreffenden Pflanzenteilen auf.

Marburg, Botanisches Institut der Universität.

46. M. Möbius: Beiträge zur Blütenbiologie und zur Kenntnis der Blütenfarbstoffe.

(Eingegangen am 15. Juli 1912.)

Vor einigen Jahren hat CARL DETTO eine eingehende und sehr interessante Studie über die Bedeutung der Insektenähnlichkeit der *Ophrys*-Blüten veröffentlicht[1]). Er kommt dabei zu der schon von ROBERT BROWN zuerst geäußerten Ansicht, daß durch diese Ähnlichkeit gewisse Insekten vom Besuch der Blüten abgeschreckt werden sollen. „Die Blüten der *Ophrys apifera* werden von Honigbienen und Hummeln deshalb nicht beflogen, weil sie „den Anschein erwecken", als ob hellrosafarbene Blüten von einem (hummelartigen) Insekte bereits besetzt seien. Die Blüten von *O. aranifera* und *muscifera* wirken auf jene Insekten wie kleine grüne Blüten, in denen sich ein größeres, spinnen- resp. schmetterlingartiges Tier befindet, oder sie wirken wie von irgendwelchen Tieren besetzte, mit grünen Blättern versehene Stengel, also überhaupt nicht als „Blüten"."

Von *O. apifera* ist es seit DARWINs Untersuchungen bekannt, daß sie für Selbstbestäubung eingerichtet ist, von *O. aranifera* und *muscifera* sind die Bestäuber merkwürdigerweise immer noch nicht ermittelt: der Fruchtansatz ist äußerst gering, und es scheint fast, als sollten diese reizenden Blüten von jeder Berührung verschont

1) Flora Bd. 94, 1905, S. 287.

gehalten werden. Viel geringer ist die von DETTO in der gleichen Studie besprochene Insektenähnlichkeit der Mohrenblüte von *Daucus Carota*. Die weißen Dolden der Mohrrübe mit einer dunkelbraunen Blüte in der Mitte erwecken allerdings den Eindruck, als ob ein kleiner Käfer auf ihnen säße, aber nur von weitem und im ganzen betrachtet, denn die Mohrenblüte selbst hat in der Form keine große Ähnlichkeit mit einem Käfer oder einem Insekt überhaupt. Nach der einen Auffassung soll es sich hierbei um eine Anlockung von Aasfliegen, nach der andern um eine Abschreckung der Weidetiere handeln. DETTO entscheidet sich nicht deutlich für eine von diesen Auffassungen.

Das Vorkommen der Insektenähnlichkeit von Blüten ist also noch eine recht rätselhafte Erscheinung und wird es vielleicht noch mehr, wenn man Blüten in Betracht zieht, welche die sie bestäubenden Insekten nachzuahmen scheinen. Einen solchen Fall, auf den man noch gar nicht geachtet zu haben scheint, möchte ich hier beschreiben: er betrifft die *Delphinium*-Arten aus dem Verwandtschaftskreis des *D. elatum* L. Sowohl durch die Farbe als auch die Struktur der Blütenteile scheint mir hier ein Insekt viel vollkommener „nachgeahmt" zu werden, als dies bei den *Ophrys*-Arten oder bei *Daucus* der Fall ist.

Als ich im Sommer 1910 im hiesigen Palmengarten vor einer hohen Staude einer Gartenvarietät des *D. hybridum* stand und den die Blüten besuchenden Hummeln zusah, fiel es mir auf, daß die am Eingang der Blütenöffnung stehenden Petalen ganz so aussehen, als ob eine Hummel in die Blüte gekrochen sei, und als ob man den gelbbehaarten Unterleib und das dunkle Brustschild von oben sähe. Wie es sich also bei den *Ophrys*-Arten hinsichtlich der Insektenähnlichkeit nur um das Labellum resp. die Petalen handelt, so auch hier nur um die in dem blauen Kelch von außen sichtbaren Teile der Petalen, deren Bau und Färbung sogleich näher beschrieben werden soll. Insofern aber stimmen beide Fälle überein, als die Ähnlichkeit wirklich da erscheint, wo sich das Insekt auf die Blüte setzt: bei *Ophrys* bildet das Labellum den Anflugplatz, und bei *Delphinium* kriecht das Insekt in die vom Kelch gebildete Höhlung. Da, wie schon erwähnt, die Blüten der hier in Betracht kommenden *Delphinium*-Arten reichlich von Hummeln besucht werden, so kann es sich bei ihrer Insektenähnlichkeit jedenfalls nicht um eine Abschreckung der Insekten handeln, viel eher möchte ich darin ein Anlockungsmittel erblicken, indem vielleicht den Hummeln vorgetäuscht werden soll, daß schon andere ihrer Art die Blüten besucht haben, und diese also des Besuches wert

sind, daß sie dann nach anderen noch unbesuchten Blüten desselben Stockes suchen und sich beim Näherkommen überzeugen, daß die Blüten noch frei sind, ihren Irrtum erkennend. Das „Vielleicht“ dieser Erklärung möchte ich aber noch besonders betonen und mich gern bereit erklären, eine bessere anzunehmen.

Sehen wir uns nun die Blüte von *Delphinium elatum* etwas näher an, besonders in Hinsicht auf die Färbung und Gestalt der Petalen. Die Farbe des Kelches ist ein helleres oder dunkleres Blau, das auf der Außenseite ins Violette spielt. Die Petalen dagegen, von denen nur die vier oberen ausgebildet sind, haben eine braune Farbe. Die zwei obersten Petalen sind bekanntlich zu Nektarien umgebildet, vollkommen symmetrisch und bestehen aus einem hinteren, spornförmigen und einen vorderen, blattförmigen Teil. Man könnte sie mit einer spitzen Tüte vergleichen, die an dem erweiterten Ende aufgeschlitzt ist, so daß nur das hintere Ende, also $^1/_4$ des Ganzen, wirklich röhrig gestaltet ist. Die aufgeschlitzte Seite ist bei beiden der Medianlinie zugewendet, und ungefähr in der Mitte der Länge ist das Blatt dem Blütenboden aufgewachsen. Von da aus nach vorn und aufwärts ist die Mündung braun gefärbt und zwar so, daß von einem helleren Ton ein allmählicher Übergang zu dem dunkelbraunen des von außen sichtbaren Teils, der am Eingang der Blumenröhre steht, stattfindet. Auch der Sporn ist dunkelbraun gefärbt, und in der Mitte ist die Färbung grünlich. Die seitlichen Petalen stellen schmale, blattförmige Körper dar, die nach unten und hinten in einen hellgefärbten Stiel verschmälert, vorn breiter und in zwei Zipfel gespalten sind. Der blattförmige und der stielförmige Teil stehen ungefähr in einem rechten Winkel gegeneinander, ersterer abwärts nach vorn, letzterer abwärts nach hinten gerichtet. Der braune Lappen ist auf der Fläche mit gelben und am unteren Rande mit weißen Haaren besetzt. Die zwei Lappen der seitlichen Kronblätter hängen parallel nebeneinander und so dicht, daß sie mit den inneren Rändern etwas übereinander greifen. So bilden die nach oben gerichteten Lappen der oberen Petalen und die nach unten gerichteten Lappen der seitlichen Petalen von außen gesehen ein scheinbar einheitliches Gebilde, das wie gesagt, einem Hummelrücken nicht unähnlich ist. Besonders groß ist die Ähnlichkeit mit der auch am häufigsten von mir an der blühenden Pflanze beobachteten Art *Bombus hortorum*, deren Vorderleib schwarz mit einem vorderen gelbweißen Rand gefärbt ist, während der Hinterleib auch großenteils braunschwarz ist und weiß endigt, am hinteren Abschnitt aber eine gelbe Quer-

binde trägt: es entstehen so drei ziemlich gleich breite Querstreifen am hinteren Ende von gelber, schwarzer und weißer Farbe. Hat sich die Hummel in die Blüte gesetzt, so ist, wenn sie ihren Kopf in die Höhlung streckt, der vordere gelbliche Rand des Vorderleibs wenig oder gar nicht sichtbar, sondern nur der dunkle Teil mit den gelben und weißen Haaren am Hinterleib. Dies wird durch die Petalen mit ihrer dunkelbraunen Farbe nebst den gelben und weißen Haaren nachgeahmt. Noch besser als bei *D. elatum*, wo die Petalen etwas kleiner als der Hummelkörper sind, tritt die Ähnlichkeit bei Arten mit größeren Blumen hervor und ist geradezu überraschend, wenn man eine tote Hummel in die Blume setzt und diese Blume mit einer unbesetzten vergleicht. Besonders schön zeigen es gewisse Gartenvarietäten.

In der Gattung *Delphinium* ist die eben geschilderte Verteilung der Farben, nämlich braune Petalen in blauem Kelch ziemlich verbreitet. Ich habe sie nach Durchsicht des hiesigen Herbariums bei folgenden Arten gefunden:

D. dahuricum Bess.
D. Aconiti L.
D. amoenum Steven.
D. arcealatum Jacq.
D. exaltatum Ait.
D. revolutum Desf.
D. discolor Fisch.
D. palmatifidum DC.
D. speciosum M. B.
D. dictyocarpum DC.
D. laxiflorum DC.
D. altaicum (ohne Autor)
D. anomalum Sp.
D. dasycarpum Stev.
D. flexuosum M. B.
D. intermedium Ait.
D. lilacinum W.
D. luzulinum Hort.
D. montanum DC.
D. sulcatum Reichb.

D. triste Fisch. hat nicht nur braune Petalen sondern auch einen braunen Kelch. Wie schon bekannt, wird die braune Färbung durch den Farbstoff Anthophaein bewirkt[1]). Bei *D. elatum* sind die den Farbstoff führenden Epidermiszellen von unregelmäßiger Gestalt und besitzen etwas ineinander gebuchtete seitliche und ziemlich stark vorgewölbte äußere Wände. In dem hinteren Spornende liegen unter der braunen Epidermis noch chlorophyllführende Zellen, wodurch eine sehr dunkle Färbung dieser Stelle

1) Vgl. meinen Aufsatz über das Anthophaein in diesen Berichten, 1900, Bd. XVIII, S. 346. Auch ARTHUR SCHLOCKOW beschreibt die Braunfärbung von *D. hybridum* in seiner Dissertation S. 32. (Inaug.-Dissertation Heidelberg 1903.)

hervorgerufen wird. Die grünliche Färbung im mittleren Teil des Petalums beruht auf dem Chlorophyllgehalt der subepidermalen Schichten.

Besonders eigentümlich ist die Ursache der gelben Farbe der Haare, denn sie wird weder durch Anthoxanthin noch durch gelben Zellsaft erzeugt, sondern die äußerste Schicht der dicken Wandung ist es, an welche die Farbe gebunden ist, wie man schon beim Einstellen auf den optischen Längsschnitt, noch besser an einem Durchschnitt des Haares sieht. Diese Schicht hebt sich zugleich in vielen kleinen Falten von der dickeren, inneren Schicht ab und bewirkt dadurch die höckerig-rauhe Beschaffenheit der Außenseite des Haares. Dieses ist immer einzellig, 15 bis 20mal so lang als breit, oben zugespitzt, unten mit schwach verbreiterter Basis der Epidermis eingefügt und mit körnigem Inhalt versehen. Die Haare der Hummel sind bei ungefähr gleicher Länge viel dünner und außen mit zahlreichen feinen, aufwärts gerichteten Stacheln besetzt. Ich will aber nicht auf die Insektenähnlichkeit der Kronblätter von *Delphinium* zurückkommen, sondern im Anschluß an die Beschreibung ihrer Struktur und Färbung einige Bemerkungen über das Anthophaein und die braune Farbe der Blüten hinzufügen.

Den Namen Anthophaein habe ich in einem oben citierten Aufsatz (1900) für den schon früher bekannten, im Zellsaft gelösten, braunen Farbstoff der Blüten eingeführt, wobei ich zugleich eine Anzahl chemischer und optischer Eigenschaften für ihn angegeben habe. SCHLOCKOW hat dann in seiner ebenfalls schon citierten Dissertation noch als besondere Kennzeichen des Anthophaeins angeführt, daß die Farbe unverändert bleibt, wenn die Blüte einige Tage in Alkohol gelegt wird, und wenn der Farbstoff sich, bei mikrochemischer Reaktion auf dem Objektträger, als unlöslich in verdünnter Schwefelsäure erweist. Er soll dadurch von andern ebenfalls im Zellsaft gelösten braunen oder schwärzlichen Farbstoffen unterschieden werden. Dafür gibt SCHLOCKOW eigentlich nur ein Beispiel an, nämlich im Labellum der Orchidee *Trichosma suavis*. Hier sind die Zellen des braungefärbten Teils mit „gelbem, rotbraunem, braunem, seltener hellviolettem" Safte erfüllt, der sich als Anthocyan erweist. Meiner Ansicht nach würde man also hier schon an dem anderen Farbenton erkennen, daß es sich nicht um Anthophaein handelt. Die schwarzen Flecke am Grund der Petalen von *Papaver orientale* kommen vollends gar

nicht in Frage. Nachdem ich zuerst auf das Vorkommen von Anthophaein bei einer Orchidee, *Coelogyne Massangeana*, hingewiesen hatte, ist dann von SCHLOCKOW gezeigt worden, daß unter den Orchideen nur die Arten aus der Unterfamilie der *Coelogyninae* in ihren Blüten Anthophaein führen, hier aber mit Ausnahme von *Pholidota imbricata* alle untersuchten Arten. Er führt außer *C. Massangeana* sieben Arten von *Coelogyne, Pholidota articulata* und *Platyclinis glumacea* an. Nicht in der Blüte, wohl aber in den Brakteen und in einzelnen Zellen des rötlichbraunen Fruchtknotens von *Maxillaria Sanderiana* habe ich auch Anthophaein gefunden, was insofern vielleicht bemerkenswert ist, als nach dem PFITZERschen System die *Maxillarinae* von den *Coelogyninae* weit entfernt sind. Auch in den Brakteen von *Asphodelus albus* enthalten die Epidermiszellen der Außenseite Anthophaein und bewirken dadurch die erst bräunliche, nachher braunschwarze Farbe dieser Blätter. Für Blüten kann ich den früher angegebenen keinen neuen Fall hinzufügen.

Wenn also auch das Vorkommen des Anthophaeins nicht häufig und wie es scheint auf eine Reihe von Arten gewisser Gattungen (besonders *Delphinium* und *Coelogyne*) beschränkt ist, so stellt es doch, auch wenn es, wie SCHLOCKOW angibt, aus Chlorophyll entstanden ist, einen wohl charakterisierten Farbstoff dar. Er hätte also wohl ebenso gut wie Anthocyan und Anthoxanthin in dem großen biochemischen Lexikon von ABDERHALDEN aufgenommen werden sollen. Ferner ist sowohl mein Aufsatz wie auch die Dissertation von SCHLOCKOW gänzlich übersehen worden von F. und S. EXNER, die 1910 eine recht interessante Abhandlung[1]) über die physikalischen Grundlagen der Blütenfärbungen herausgegeben haben. Dem Schwarz der Blüten wird darin ein besonderes Kapitel gewidmet, an einer anderen Stelle aber sagt S. EXNER: „Ein Pigment, das, wie etwa Tusche, alle Farben des Spektrums gleichmäßig absorbiert, habe ich in der Pflanzenwelt nicht gefunden", und fügt in einer Fußnote hinzu „Professor V. WETTSTEIN teilte mir mündlich mit, daß ein solches bei *Vicia Faba* vorkomme". Beides ist nicht ganz richtig, denn ein wirkliches Schwarz kommt in der Pflanzenwelt an Samenschalen vor, und das *Vicia*-Schwarz ist nur ein scheinbares Schwarz, in Wirklichkeit ein dunkles Braun, wie schwarze Färbung in andern Fällen, zum Beispiel bei dunklen Gartenstiefmütterchen „bloß durch sehr kon-

1) Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-nat. Kl. Bd. CXIX, Abt. I, S. 191.

zentrierte Anthokyanlösung zustande kommt". Von Braun kennen die Verf. nur das, welches durch die Kombination von Anthocyan mit Anthoxanthin oder Chlorophyll entsteht und eine sog. Subtraktionsfarbe darstellt: z. B. bei *Gentiana pannonica* und *Atropa Belladonna*[1]). Unter Subtraktionsfarben werden aber hier nach dem Vorgange von HELMHOLTZ solche verstanden, die aus zwei übereinandergelagerten Farben entstehen, von denen jede einen Anteil des einfallenden weißen Lichtes absorbiert: „was von dem Spektrum noch als Rest bleibt, ist durch seine Wellenlängen und durch seine Intensität bestimmend für den Farbeneindruck, den es auf unser Auge macht."

Jetzt möchte ich noch einige Worte über die Färbung der gelben *Ranunculus*-Blüten sagen, denn auch in diesem Punkt haben die Herren EXNER vollständig übersehen, daß ich bereits im Jahre 1885 gleichzeitig mit SCHIMPER eine sehr eingehende Darstellung von der Ursache des Fettglanzes gegeben habe[2]). Nach erneuter Untersuchung des Gegenstandes in diesem Jahre finde ich an meiner früheren Darstellung nichts zu ändern, jedoch möge ihr noch einiges hinzugefügt werden. Die neu untersuchten Arten verhalten sich ganz wie die früher beschriebene *R. Ficaria*. Bei *R. acer* ist die Oberseite des Kronblattes vom oberen Rande aus auf etwa $^2/_3$ der Länge fettglänzend. Die Grenzlinie des glänzenden und nicht glänzenden Teils verläuft im Zickzack, und zwar folgen die aufwärts gerichteten Zacken den das Blatt durchziehenden Hauptnerven, während die nach unten gerichteten zwischen den Nerven liegen. An der völlig geöffneten Blüte fand ich die Epidermiszellen der glänzenden Stelle mit dem gelben, ölartigen Saft gleichmäßig erfüllt. Dieser entsteht offenbar aus Anthoxanthinkörnern und zwar erst, wenn sich die Blüte ganz öffnet. An einem noch nicht ausgewachsenen Kronblatt der Knospe fand ich in den später ölhaltigen Zellen eine gelbe, kör-

---

1) Hierher gehört wohl auch die bräunliche Färbung bei *Orobanche*-Arten, von denen ich in meinem ersten Aufsatz gesagt hatte, sie seien auf das Vorkommen von Anthophaein zu prüfen. Bei *O. speciosa* und *rubens* findet sich in der Epidermis des Stengels Anthocyan, und die Rindenzellen enthalten körnige Bestandteile, die wohl als desorganisierte Chlorophyllkörner aufzufassen sind. Bei *O. ramosa* wird die braungelbe Farbe des Stengels durch ähnliche Körnchen in der Rinde und durch Anthoxanthin in der Epidermis bewirkt. Die Blüten von *O. rubens* werden erst beim Vertrocknen braun, was natürlich nicht auf besonderen Blütenfarbstoffen beruht.

2) Bot. Centralblatt, 1885, Bd. XXIII, Nr. 29/30.

nige Masse, dem Anthoxanthin ähnlich. In der darunter liegenden Schicht war schon ziemlich viel Stärke angehäuft, aber in einer halb so langen Knospe fehlte diese noch. Selbst an einer Knospe, die gerade am Aufbrechen ist, fehlt noch der Fettglanz: er erscheint erst am nächsten Tage an der ganz entfalteten Blüte. Es lag nun der Gedanke nahe, daß die Ölbildung eine Wirkung des Sonnenlichts sei, im Dunkeln also nicht eintreten werde[1]) Als ich jedoch Knospen an abgeschnittenen und ins Wasser gestellten Stengeln ins Dunkle brachte, wo sich die Blütenstiele unter Etiolement verlängerten, entfalteten sich die Blüten mit normalem Fettglanz. Immerhin verfährt die Natur mit dessen Ausbildung so sparsam, daß er auf der Oberseite des Blumenblattes nur so weit reicht, als das Blatt an der Basis nicht durch die Staubgefäße verdeckt wird, und daß er auf der Unterseite ganz fehlt. Die Sparsamkeit ist aber offenbar bedingt durch die Menge von Stärke, die zur Hervorbringung des Fettglanzes erforderlich ist, indem die Stärkeschicht das sog. Tapetum (EXNER) oder den Belag des Spiegels, nach meiner früheren Erklärung, liefert.

Genau wie *R. acer* verhält sich *R. repens*, ferner *R. bulbosus*, bei dem der glänzende Teil auf der Oberseite etwas weiter nach unten geht, so daß über dem Nektarium nur ein kleiner glanzloser Teil bleibt. Auch *R. flammula* und *Lingua* zeigen äußerlich betrachtet dieselben Verhältnisse wie *R. acer*. Überhaupt scheint mir, daß alle gelbblühenden *Ranunculus*-Arten den Fettglanz besitzen. Da er sich auch an den getrockneten Blüten noch bemerken läßt, so habe ich daraufhin das hiesige Herbarium durchgesehen und ihn in allen solchen Arten konstatieren können, mit Ausnahme von *R. asiaticus* und *sulphureus*, bei denen es mir zweifelhaft erschien, bei letzterer Art auch schon des Beinamens wegen. Von weißblühenden Arten habe ich *R. aquatilis* frisch untersucht: hier ist der bei *R. acer* gelbglänzende Teil weiß, entbehrt also des Farbstoffs und der Stärkeschicht, während der basale Teil ebenfalls durch Anthoxanthin in der Epidermis gelb gefärbt wird. Andererseits habe ich keine einzige Blüte gefunden, die einen solchen gelben Fettglanz zeigt wie *Ranunculus*. Es ist also nicht ganz korrekt, wenn S. EXNER sagt, daß die Blüten von *Caltha palustris* und *Trollius europaeus* denen von *R. acer* „im optischen Eindruck sehr ähnlich“ sind, vielmehr unterscheiden sie sich sofort

1) HUGO FISCHER hat zwar bereits nachgewiesen, daß *Ranunculus acer* auch im Dunkeln seine gelbe Farbe bekommt, sagt aber nichts über den Fettglanz. (Über Belichtung und Blütenfarbe, in Flora, Bd. 98, S. 380—385.)

durch das matte, wenn auch gesättigte Gelb. Bei *Caltha* ist das Blumenblatt auf der Ober- und Unterseite eigelb und zwar gleichmäßig von der Spitze bis zur Basis, die Oberseite ist etwas intensiver gefärbt als die Unterseite, was leicht aus dem verschiedenen anatomischen Bau verständlich wird. Denn auf der Oberseite sind die Epidermiszellen von oben gesehen polygonal, etwas längsgestreckt und papillenförmig ausgezogen, die zahlreichen Anthoxanthinkörner liegen der inneren Wand an und fehlen in dem papillösen Teil der Zelle. Auf der Unterseite, die im Gegensatz zur oberen zahlreiche Spaltöffnungen besitzt, haben die Zellen stark zackig ineinandergreifende Wände und sind flach, nicht zu Papillen ausgezogen, sie sind ebenfalls reich an Anthoxanthin. Bei *Trollius* sind die beiden Seiten gleichmäßig gefärbt und demgemäß im anatomischen Bau kaum verschieden: die Zellen sind polygonal, etwas längsgestreckt, wenig nach außen gewölbt und reich an Anthoxanthin; nur auf der Unterseite finden sich Spaltöffnungen und Keulenhaare. Man könnte also wohl in systematischer Hinsicht sagen, daß eine gelbe Blüte mit Fettglanz einer Art der Gattung *Ranunculus* angehören muß.

Einer genaueren chemischen und optischen Untersuchung des flüssigen gelben Farbstoffs von *Ranunculus* steht die Schwierigkeit entgegen, ihn rein, ohne Beimengung von körnigem Anthoxanthin zu gewinnen, welche Schwierigkeit sich eben aus den geschilderten anatomischen Verhältnissen ergibt. Wenn freilich der ölartige Stoff aus Anthoxanthin entsteht, so ist kaum anzunehmen, daß er von ihm in den chemischen und optischen Eigenschaften wesentlich verschieden ist, und die Untersuchung von TSCHIRCH spricht für diese Annahme. Denn dieser Autor hat den Extrakt der Blumenblätter von *R. acer* kapillaranalytisch und spektroskopisch untersucht und dabei offenbar einen einheitlichen Körper vor sich gehabt[1]). Er findet ihn am meisten übereinstimmend mit dem von „*N. pseudopoëticus*“. Beide Farbstoffe zeigen spektroskopisch drei Bänder und ein viertes bei h-H, sie bilden die erste Untergruppe in der Xanthocarotin-Gruppe.

Offenbar ist dieser Farbstoff verschieden von HANSENs[2]) Anthochlor, das wiederum dem im Zellsaft gelösten Farbstoff der *Acacia*-Blüten nahe verwandt ist. Ich habe den Farbstoff in

---

1) Vgl. diese Berichte, 1904, Bd. XXII, S. 414—438, *N. pseudopoëticus* (= *N. poëticus*) ist übrigens wohl nur ein Schreibfehler für *N. pseudonarcissus*.

2) Die Farbstoffe der Blüten und Früchte. (Verh. d. Würzburger phys. med. Ges. N. F., Bd. XVIII. 1884.)

größerer Menge aus *Acacia dealbata* gewonnen, indem ich die abgepflückten Blütenköpfchen mit 96proz. Alkohol übergoß, drei Tage stehen ließ und dann abfiltrierte. So gewann ich eine schöne dunkelgelbe Lösung, die folgende chemische Reaktionen zeigte: Wenn die Lösung mit dem gleichen Volumen destillierten Wassers vermischt wird, entsteht eine Trübung und ein weißlicher Niederschlag. Ebenso wird die Farbe heller und es entsteht Trübung bei Zusatz von Salpeter- oder Schwefelsäure, und am nächsten Tag ist ein voluminöser weißer Niederschlag ausgeschieden. Bei Zusatz von Ammoniak verfärbt sich die Lösung in Braungelb und gibt einen Niederschlag. Einige Tropfen Kalilauge lassen sofort einen dicken gelbbraunen Niederschlag entstehen und färben die Lösung dunkler. Das Acaciengelb verhält sich also chemisch ganz ähnlich wie das von HANSEN aus Zitronenschalen gewonnene Anthochlor und gleicht ihm spektroskopisch auch insofern, als es eine diffuse Absorption des blauen Feldes zeigt. Ein undeutliches Band im Rot ist wahrscheinlich auf Beimischung von Chlorophyll zurückzuführen, denn es wurden ja zum Extrakt die ganzen Blütenköpfchen mit den Stielen benutzt.

Gelben Zellsaft fand ich auch bei der Orchidee *Ada aurantiaca*. Die Blüte fiel mir im hiesigen Palmengarten durch ihre intensiv gelbrote Färbung auf, und da man mir freundlichst ein Exemplar überließ, untersuchte ich sie mikroskopisch. Ich war erstaunt hier das Umgekehrte des gewöhnlichen Verhaltens zu finden. Denn während sonst das Gelbrot durch Kombination von rotem Anthocyan mit Anthoxanthin entsteht, ist hier der gelbe Farbstoff in Lösung vorhanden, und der rote in Gestalt von Körnchen. Ferner ist bemerkenswert, daß nicht nur die Epidermis der Ober- und Unterseite die beiden Farbstoffe enthält, sondern auch die Schichten des Mesophyllgewebes sie in ihren Zellen führen. Die roten Körperchen sind von unregelmäßiger, eckiger bis rundlicher Gestalt, wenn auch nicht so variabel wie die im Fruchtfleisch der Hagebutte oder von *Crataegus coccinea* (nach der Abbildung von STRASBURGER im großen Praktikum, 4. Aufl., S. 133). Daß auch in Blütenblättern rote Farbstoffkörner vorkommen, wissen wir schon durch STRASBURGER (l. c.), der es für *Lilium croceum* und *Adonis flammeus* angibt.

Schließlich möchte ich noch auf eine Eigentümlichkeit des roten Farbstoffs hinweisen, der sich in den Blüten der Portula-

cacee *Calandrinia umbellata* findet[1]). Taucht man nämlich die frischen, carminroten Blüten in Wasser, so färbt sich dieses sogleich rot. Worauf aber diese Eigenschaft des Farbstoffs beruht, so leicht in Wasser auszutreten, ließ sich nicht ermitteln. Bei der mikroskopischen Untersuchung gleicht er dem gewöhnlichen Anthocyan, indem die Zellen der Epidermis und des Mesophylls, die letzteren schwächer, roten Zellsaft enthalten. Dieser gibt auch die chemischen Reaktionen des Anthocyans: er wird durch Ammoniakwasser intensiv blau, durch Kalilauge unter Zersetzung gelb gefärbt. Das Merkwürdige ist also der leichte Austritt der Farbe in Wasser aus der lebenden Zelle, wodurch die Blüten bei andauerndem Regen ausgewaschen werden müßten, wenn nicht eine Regeneration stattfände. Dies Verhalten erinnert einigermaßen an das der roten Federn der Turako-Arten (*Corythaix*), denn man kann beim lebenden Vogel an den roten Flügelfedern die Farbe mit Wasser abwaschen, und wenn der Vogel sich badet, färbt sich das Wasser rot. In dem Turacin genannten Farbstoff sind 5—8 pCt. Kupfer nachgewiesen[2]).

Auch diese letzte Angabe dürfte zu der Erkenntnis beitragen, die übrigens jetzt immer mehr Geltung gewinnt, daß die Farbstoffe der Blüten viel mannigfaltiger sind, als man früher angenommen hatte. Die Farben der Pflanzen sind sowohl für die morphologische als auch chemische und physikalische Untersuchung ein Gegenstand, der unser volles Interesse verdient. In letzterwähnter Hinsicht möchte ich die Aufmerksamkeit der Botaniker besonders auf die mehrfach erwähnte Abhandlung von F. und S. EXNER lenken, wenn ich mich auch mit ihrer Unterscheidung der Additions- und Subtraktionsfarben in ihrer Auffassung nicht ganz einverstanden erklären kann.

Die bunten Figuren, die eigentlich diesem Aufsatz beigegeben werden sollten, und die in der Sitzung der Gesellschaft vorgelegt wurden, hofft Verf. noch an anderer Stelle veröffentlichen zu können.

Frankfurt a. M., Juli 1912.

---

1) Die ebenfalls rotblühenden Arten *C. Menziesii* und *compressa* zeigen merkwürdigerweise jene Eigentümlichkeit nicht.

2) Vgl. BREHMs Tierleben, 4. Aufl., 1911, Bd. VII, S. 472.

47. H. Christ: Die Ansichten des Silvio Boccone über künstliche Befruchtung von Kulturpflanzen 1697.

(Mit 1 Abb. im Text.)

(Eingegangen am 16. Juli 1912.)

Das reizende Buch unseres so rasch abgerufenen genialen STRASBURGER, das ich immer wieder vor mich nehme, wenn mich die, im Greisenalter mehr unterdrückte als gestillte Wanderlust anwandelt: „Streifzüge an der Riviera, II. Aufl., 1904", enthält die anschauliche und lichtvolle Darstellung alles dessen, was wir vom *Caprificus* und dessen Funktion wissen, und berührt auch die künstliche Bestäubung der Dattel.

Über dieselben Dinge verbreitet sich ein wenig bekannter, absonderlicher Autor des ausgehenden 17. Jahrhunderts, der Sizilianer SILVIO BOCCONE, in dem Quartband, den Hunderte von Pflanzenbildern — soll ich sagen zieren? denn sie sind zum Teil so abstrus wie der Text, der ein unverdauliches Ragout von guter Beobachtung und Phantasterei bildet. Ein ganz abenteuerliches Frontispiz steht am Anfang des Werkes, den Plan der Stadt Panormus, zwei Säulen aus der dortigen Kathedrale, die Ginseng-Wurzel und ein seltenes *Marrubium*, endlich, über dem allem, die heilige ROSALIA mit der Beischrift zeigend: S. Rosalia et abdita juvat.

Der Titel lautet:

Museo di piante rare della Sicilia, Malta, Corsica, Italia, Piemonte e Germania, dedicata ad alcuni nobili patritii veneti etc. etc., di Don Paolo Boccone Gentilhuomo di Palermo, botanico del Serenissimo Gran Duca di Toscana, Collega dell'Accademia Caesarea Leopoldina Naturae curiosorum, ed al presente

Don Silvio Boccone, Monaco del Sacro ordine Cisterciense della provincia di Sicilia.

In Venetia 1697. Per Jo. Baptista Zuccato. Con Licenza de'Superiori.

Dann folgt ein prächtig gestochenes Porträt des Autors in seinem 64. Jahre: Das Gesicht eines dunklen, spintisierenden, glatt geschorenen und nur mäßig ernährten Mönches; denn zu einem

solchen ist ja, wie das Titelblatt besagt, der ursprüngliche DON PAOLO ausgewachsen.

Nach einer von Komplimenten triefenden Vorrede an seine venetianischen Gönner und zwei, von den Herren F. VIALI und B. SARELLA an BOCCONE gerichteten sehr niedlichen Gedichten kommt er zur Sache, welche auf Abbildung und höchst fragmenta-

Abb. 1.

rische Beschreibung einer sehr großen Zahl südeuropäischer und alpiner Seltenheiten, untermischt mit Abhandlungen meist pharmazeutischen Inhalts, hinausläuft, in denen der Autor einer noch stark scholastisch angehauchten Naturphilosophie nur zu oft den Zügel läßt. Das ist wohl spezifisch sizilisch oder individuell, denn gegenüber der soliden und sachlichen Arbeit der Botaniker des 16. Jahrhunderts: namentlich eines CLUSIUS, sind hundert Jahre

später solch nebelhafte Theorien sonst unbegreiflich. Trotzdem oder eben deshalb zieht dieser fabelhafte BOCCONE den Leser entschieden in seinen Bannkreis.

Das Buch hat ca. 200 Seiten und 136 Kupfertafeln, jede mit mehreren, oft dicht ineinander gedrängten Abbildungen, die zum Teil sehr gut (z. B. Tab. I *Salix herbacea*, *S. retusa*, *Alchemilla pentaphyllea*, *Veronica alpina*, alle vom Kleinen Mont Cenis), zum Teil fast unkenntlich sind. Mit den Diagnosen macht sich der Autor wenig Mühe. Er sagt hierüber S. 19: „Ich ließ die neuen Formen, die ich sah, zeichnen und stechen, und die Unterschiede und die Benennung meiner Pflanzen ersetzen eine lange und mühselige Beschreibung, da ich bei meinem hohen Alter weder Zeit noch Gesundheit habe, um mir größere Anstrengungen zuzumuten. Deshalb bemühe ich mich sehr, in fünf oder sechs Worten die Teile und Merkmale zu umschreiben, welche die Unterschiede der Arten bezeichnen." Damit rechtfertigt BOCCONE seine, stets aus einer Anzahl von Adjektiven bestehende Terminologie.

Auf Taf. 53 ist eine gute Abbildung der *Azalea procumbens* vom Kleinen Mont Cenis, unter dem Namen *Chamaerhododendron*. Im Text schreibt darüber BOCCONE:

„Diese Pflanze ist durch Unachtsamkeit des Kupferstechers meiner Absicht entgegen auf diese Tafel gezeichnet worden, da ich bereits wußte, daß sie von LOBEL beschrieben und von CASP. BAUHIN in seiner Historia generalis abgebildet ist."

Weshalb er das *Polypodium majus viterbiense* (*P. vulgare*) zweimal (Taf. 47 und 48) abbildet, sagt er uns nicht: wahrscheinlich ist auch der Stecher daran schuld. Das Buch ist in 12 Dekaden (sic) eingeteilt, jede einem hochmögenden Nobile gewidmet; gegen das Ende sind mehrfache Abhandlungen: eine lateinische des Londoner Arztes ABERCROMBIE über die Diagnose der *Simplicia* durch den Geschmackssinn, und eine ebensolche BOCCONEs als Appendix zum Liber de plantis von CAESALPINUS eingeschoben. Auf Seite 61 ist ein Brief an Monsieur JOSEPH TURNEFORTIUS, der 17 lateinische Thesen de Generatione plantarum enthält. Sonst ist der Text in einem gespreizten, weitläufig ausholendem Italienisch von oft drolliger Orthographie.

Übrigens haben mehrere spätere Botaniker unsern BOCCONE ernst genommen, und von ihm abgebildete Pflanzen als neue Arten anerkannt, auch mit seinem Namen belegt: so ALLIONI, welcher als *Artemisia Bocconi* die von diesem *Absynthium pumilum* (Taf. 71) genannte Art beschrieb. Es ist die *Artemisia spicata* Wulf. Ferner

A. P. DE CANDOLLE, der eines der von BOCCONE abgebildeten *Galium* als *G. Bocconi* aufstellte.

Bekannt auch ist die amerikanische Papaveracee *Bocconia*, LINNÉ Philosoph. Bot. 1751, Seite 31, wo auch Seite 3 BOCCO mit der Jahreszahl 1668 als Phytologus aufgezählt ist.

Doch ich gebe nun unserm Autor das Wort, soweit er sich über die künstliche Befruchtung der drei einhäusigen Kulturpflanzen Pistazie, Feige und Dattel äußert (S. 139—141) und übersetze so gut als möglich seinen holperigen italienischen Stil:

Pistacium mas, Siculum, folio nigricante.

„Im Museo di Fisica e di Esperienze (einem mir unbekannten Werk BOCCONEs) ist diese Art von Pistazien auf S. 282 beschrieben und ihre Geschichte erwähnt, welcher ich beifüge, daß dieser Baum keine eßbare Frucht trägt, sondern an sich unfruchtbar ist, wenn er nicht durch die weibliche (sic!) Pistazie befruchtet wird. Dann aber muß ich hier unter Bezugnahme auf meine Abbildung (Tab. 93 *Pistacium mas*) jene ganze Beobachtung 44 (jedenfalls den Artikel im genannten Museo) wiedergeben, zur Aufklärung der Botaniker, und um einige begangene Irrtümer zu berichtigen, denn zuweilen ändert diese männliche Pistazie ab, indem sie an Blättern 4 Lobi hervorbringt, aber nicht regelmäßig.

Im Pinax des CASPAR BAUHIN finde ich nur eine Art Pistazie, und weil ich in Sacca und Agrigent zweierlei verschiedene Pistazienbäume fand, die von den Bauern als männliche und weibliche unterschieden werden, habe ich es für eben so unterhaltend als passend befunden, folgende Notizen beizufügen.

Bei der männlichen Pistazie sind die Blätter kleiner, etwas länglich, stumpf, oft regelmäßig in 3 Lobi von schwärzlichem Grün geteilt, und die Blüten rispig, zahlreich. Aber zuweilen ändert sie mit 4 Lobi. Die der weiblichen Pistazie sind hellgrün, größer, härter, rundlicher und regelmäßig mit 5 Lobi, mit traubiger und lockerer Blüte.

Da die männlichen und weiblichen Pistazien weit auseinander stehen, pflegt man in Sizilien diese Baumart in folgender Weise zu befruchten und tragbar zu machen (fecondare ed ingravidare): man wartet, bis die weibliche Pistazie ihre Blüten geöffnet hat, und dann nimmt man von den Ästen der männlichen Pistazie Blüten in Knospe, so viel man will, die am Aufblühen sind, tut sie in ein Gefäß, umgibt sie mit Erde, befeuchtet diese mit Wasser, hängt das Gefäß mit den Blüten der männlichen Pistazie an einen Ast einer weiblichen Pistazie, und läßt es da, bis die Blüten oder

Knospen trocknen, damit der Staub von den welken Blüten in Bewegung kommt und durch den Dienst des Windes durch alle Stämme der weiblichen Pistazien getragen wird, und auf diesem Wege jede einzelne Schote (Guscio) der weiblichen Pistazie sich anfüllt und tragbar gemacht wird, vorausgesetzt, daß die Entfernung eine angemessene sei.

Dieses Verfahren nennen die Bauern des Bezirks Agrigento türkisieren (turchiarare) und die Früchte bezeichnen sie als Fastuchi.

Die männliche Pistazie blüht vor der weiblichen. Andere, welche sich diese Mühe nicht geben wollen, oder die viele weibliche Pistazien haben, sammeln die Blüten und Blütenknospen der männlichen und tun sie in ein Säckchen zum Trocknen, und wenn die weibliche ihre Blüten öffnet, so werfen und verstreuen die Leute darauf von dem Staube, der im Säckchen ist.

Und es ist nötig, die Blüten der männlichen Pistazie zu nehmen, während sie noch geschlossen sind, denn sobald sie offen und reif sind, so streuen sie ihren Staub aus, der zitronfarbig ist.

Die Leichtgläubigkeit oder Einfalt der Bauern bringt sie auf die lächerlichsten Handlungen, indem einige von ihnen in die Stämme und Äste der weiblichen Pistazie Einschnitte machen und in den Einschnitt oder die Wunde etwas von dem Staube der männlichen Pistazie einfüllen, wenn die weibliche zu sprossen beginnt, gleich als ob sie alsdann zu empfangen und den fruchtbringenden Samen aufzunehmen willig wäre.

Es wurde beobachtet, daß jedesmal, wenn die männliche Pistazie sproßt und die welke Blüte eintrocknend den Staub fahren ließ, ehe die weibliche Pistazie auszuschlagen begann, alsdann auch diese nicht befruchtet wird. Um nun die Ernte der Fastuchi nicht einzubüßen, verschafft man sich den Staub vorher, und streut ihn dann auf die Äste umher, und so dient er gleich dem Samen selbst. Es kommt vor, wo viele männliche und weibliche Pistazien nahe beisammen im Felde stehen, man nicht nötig hat, eine der erwähnten Geschäfte zu verrichten, weil der Wind an sich schon letztern den erforderlichen Samen zuführt.

Einige, welche Äste der männlichen Pistazie bei der Hand haben, die bereits etwas trocken oder im Welken sind, streuen, um ihre Pistazienernte zu sichern, mit eigenen Händen den Staub, der in den Blüten der männlichen Pistazie ist, auf das Weibchen, und zwar durch ganz Sizilien.

Zum Beweise ihres Vertrauens in diesen Befruchtungsakt und ihrer Gewißheit des Erfolges verweisen die Bauern auf die

Erfahrung, daß wenn die Bestäubung erfolgt ist, zuweilen die Früchte sich so mit Kernen anfüllen, und so reichlich empfangen haben, daß sie platzen und den Inhalt sehen lassen, den sie nicht in ihrem Schoß zusammenhalten können.

Andere, welche dem Bedürfnis nach der Befruchtung möglichst zuvorkommen wollen, stecken oder befestigen auf den weiblichen Baum an passendem Ort einen Zweig des männlichen und ersparen sich die Mühe, den Staub zu säen oder auszustreuen; wie auch alle jene die Arbeit vermeiden, welche einige blühende Zweige der männlichen Pistazie mitten unter eine entsprechende Zahl von weiblichen Pistazien anbringen, welche im Lauf der Tage den erforderlichen fruchtbaren Staub durch die Bewegung des Windes den weiblichen Blütenspitzen (Apici del fiore = Narben) vermitteln."

Dieser Darstellung des Sachverhalts, in welcher im Eingang einmal offenbar lapsu calami weiblich statt des allein richtigen und ohne Zweifel auch von BOCCONE gemeinten männlich gebraucht ist, reiht er nun seine erklärende Theorie in folgender Weise an:

„Wie wir nun sehen, daß einige Ausflüsse (effluvii) der Erde den Pflanzen schaden, so können wir auch begreifen und zugeben, daß die Teilchen der Spitzen der männlichen Blüten der Pistazie infolge ihres Ölgehalts (Oleosità) fähig sind, die weibliche Pistazie zu befeuchten, zu benetzen und fruchtbar zu machen, selbst wenn es Beispiele gibt, daß in Italien ohne Beihilfe männlicher Pistazien die weibliche zuweilen, aber nicht regelmäßig alle Jahre, reife Früchte gebracht hat. Wir antworten, daß die Natur in diesem Falle höhere, uns unbekannte Mittel hat, die Befruchtung dennoch auszuführen, und mit andern Ausflüssen und befruchtenden Teilchen zu Hilfe kommt.

Eine ähnliche Notwendigkeit wird von den ägyptischen Palmen berichtet, aber alles hängt vom Experiment (Esperienza) ab. In Sizilien, Chios, Candia und im Archipel haben wir beständig und allgemein das folgende Experiment vor uns:

Eine Art Feigen, statt reife und eßbare Früchte zu erzeugen, bringt die unreifen Feigen nur zu einem gewissen Punkt und läßt sie dann fallen. Diesen Fall oder Krankheit bezeichnen die Bauern mit dem Ausdruck: „die Feigenbäume leiden durch Hitze oder von Scirocco" (scaldano o sciroccano), gleich als ob der Südwind ihnen ihre Kraft entzogen oder sie verbrannt hätte. Indes kommen sie dem Schaden zuvor, indem sie eine kleine Reihe von unreifen Früchten wilder Feigenbäume, die an eine Binse angefädelt sind,

an die zahmen Bäume befestigen, welche sich zu „erhitzen oder zu sciroccisieren“ pflegen. Durch diese Vorsicht wird der Feigenbaum fruchtbar, und ohne diese reift er die Früchte nicht. Aber in Sizilien sehe ich, daß nicht bei jeder Feigensorte diese Arbeit getan wird, und ich glaube, daß es besondere Feigenarten gibt, welche schwächlich sind und der Gegenwart einiger unreifer angefädelter Feigen bedürfen, die in sizilischer Sprache Scattioli heißen.

Wer sich von den Kräften der Ausflüsse zu überzeugen wünscht, hat bloß das Büchlein La physique occulte von R. P. N. zu lesen, in welchem dieser Autor verschiedentliche Erscheinungen, bejahende oder doch wahrscheinliche, finden wird, zum Beweise, daß viele Wirkungen ihre Urachen in Effluvien haben, die von einigen Körpern auch in die Ferne ausgehen.

So gut wir Pflanzen sehen, die aus der Ferne andere Pflanzen durch die Kraft ihrer Ausflüsse töten, können wir auch glauben, daß durch wohltätige und homogene Ausflüsse der Eindruck der Fruchtbarkeit bei den Pistazien und der Palme entstehe.

So schreibt CASTOR DURANTE, daß die *Laureola* oder *Chamaedaphne*, an den vier Ecken eines Feldes gepflanzt, wo die *Orobanche* wächst, diese zerstöre, während die *Orobanche* ihrerseits den Leguminosen tötlich ist. Die Portugiesen pflanzen auch in die Gärten die Pflanze *Cataputia* oder *Lathyris major* B. pin. (Bauhini Pinax = *Euphorbia Lathyris*), um die Maulwürfe umzubringen. All diese Wirkungen sind zurückzuführen auf die Kräfte der Effluvien, aber man muß dafür wiederholte und unzweifelhafte Beweise sehen.“

In dieser Darstellung ist nun anzuerkennen, daß BOCCONE die Geschlechter bei *Pistacia vera* richtig deutet: er nennt die Antheren tragende Pflanze männlich und die fruchttragende weiblich. Es ist dies ein Fortschritt gegenüber den antiken Botanikern und auch denen des Cinquecento, welche es darüber noch zu keiner Bestimmtheit gebracht haben. THEOPHRASTUS nennt die weibliche *Mercurialis* Phyllum marificum, die männliche Ph. femini-ficum, DIOSCORIDES wendet die umgekehrte Bezeichnung an, und CLUSIUS in den Stirp. Hispan. (1576) pflichtet der — unrichtigen — Meinung des THEOPHRAST bei (S. 397). Auch C. BAUHIN in seiner kleinen Basler Flora 1622 nennt die *Mercurialis testiculata* die männliche. Aber daß unser BOCCONE selbst, der doch mit vollem Bewußtsein und ganz richtig die männliche Pistazie und ihren befruchtenden Einfluß von der weiblichen und ihrer empfangenden Rolle zu unterscheiden weiß, bei dem Phyllum nun doch

wieder auf den alten Irrtum hereinfällt, hätten wir nicht erwartet, und doch ist es so. Auf Taf. 109 bildet er eine männliche *Mercurialis* als Phyllum feminificum ab, und im Text S. 150 sagt er, daß auf den Früchten die Differenz beruhe: „denn das Männchen hat zweiteilige (testiculato) und das Weibchen ährenförmige." Durchaus klar ist dem BOCCONE der entscheidende Einfluß des Pollens auf die Befruchtung der weiblichen Pistazie, welcher nach seiner sehr anschaulichen Schilderung in Sizilien durchweg unbezweifelt angenommen wird. Aber das erst durch SPRENGEL entschleierte Geheimnis hat sich ihm noch nicht gehoben: er verfällt in nebelhafte Theorien über die in die Ferne wirkenden Effluvien, die ein uns unbekannter Autor in seiner Physique occulte näher darlegen soll. Bei der klaren Einsicht BOCCONEs in die Notwendigkeit einer Berührung des Pollens mit der Narbe (dem „Apex der weiblichen Blüte") ist das Hereinziehen einer fernwirkenden Effluvien-Theorie eigentlich unverständlich, und die vom Autor zuerst vorgetragene Ansicht von der Befruchtung durch direkte Einwirkung der öligen Feuchtigkeit des Pollen weit gesunder, zu einer Zeit, wo der mikroskopische Vorgang der Befruchtung selbst noch ganz unbekannt war. Noch weit besser als die Effluvien-Theorie ist die naive Meinung der Bauern von Girgenti, welche glaubten, den von ihnen als allein befruchtungsfähig erkannten Blütenstaub dem Baum durch Einimpfung in den Splint besonders wirksam einverleiben zu können. Ebenso hübsch ist die Ansicht jener Bauern, welche einer besonders starken Befruchtung auch eine besonders üppige Entfaltung der Frucht zuschreiben.

Was also dem großen, scharfsinnigen CLUSIUS noch verschlossen war: die männliche Natur der Staubblüten, war auf Sizilien längst allgemeines Besitztum.

Durchaus zutreffend ist auch die von BOCCONE beigebrachte Analogie der künstlichen Befruchtung der Dattel.

Wenn er nun aber auch die Befruchtung der Feige durch den Caprificus damit in Parallele stellt, so läßt ihn hier sowohl Beobachtung als Belesenheit im Stich, und es wäre ihm nützlicher gewesen, wenn er DESCARTES Abhandlung über Methode studiert hätte, anstatt sich dem Irrlicht des Autors R. P. N. anzuvertrauen.

Denn daß es bei der Befruchtung des zahmen Feigenbaumes durch die daran befestigten, durchstochenen wilden Feigen nicht auf ein fernwirkendes Effluvium ankommt, mußte BOCCONE schon aus ARISTOTELES und PLINIUS wissen, welche beide genau beschreiben, daß eine „Fliege" den Kontakt beider Arten von Früchten vermittelt und das Ausreifen der zahmen bedingt. (Siehe STRAS-

BURGER, Streifzüge an der Riviera 291 u. f.). Es ist auch fast nicht denkbar, daß den Landleuten der Zusammenhang der Wespe mit der Reife der Feigen verborgen blieb. Hier hat dem Neuscholastiker und Mystiker BOCCONE seine theoretisierende Monomanie einen Streich gespielt! Aber auch hier ist seine Schilderung anschaulich, und das Anstechen und Aufspießen des *Caprificus* an einen Binsenhalm kann nur förderlich sein für den Verkehr der Wespen mit der zahmen Feige.

BOCCONE nennt für seine Zeit auch für Sizilien die Caprifikation für bestimmte Feigensorten eine konstante und allgemeine Maßregel. Ob dies noch heute der Fall ist? Vielleicht, ja sehr wahrscheinlich ist auch dort schon die Operation nicht mehr üblich, sei es, daß die, der Caprifikation benötigten Feigensorten nicht mehr kultiviert werden, oder sei es, daß heute die Feigen allgemein ohne Caprification reifen. Das von STRASBURGER angeführte Kriterium der kaprifizierten Orientfeigen: die voll ausgereiften Früchtchen sah ich an den meisten getrockneten italienischen Feigen nicht, deren Scheinfrüchte innen trockener, ohne Pulpa sind und keine entwickelten Früchtchen zeigen.

Sehr auffallend ist die Bemerkung des BOCCONE, daß zuweilen, aber nicht alle Jahre, Pistazien auch ohne Befruchtung reife Samen bringen, und ebenso, daß nur bei bestimmten, „besonders schwächlichen" Feigenarten Siziliens die Caprifikation angewandt wird, so daß also die übrigen Sorten derselben nicht benötigen. Wäre diese Notiz aus unseren Tagen, so müßte man bereits an die von TREUB für tropische *Ficus*arten nachgewiesene Parthenogenesis denken. Immerhin mutet uns die Erklärung des alten Mönchs, daß die Natur außer der Befruchtung durch den Blütenstaub noch „alti mezzi", Mittel subtilerer Art haben könne, um diesen Zweck zu erreichen, fast wie eine Ahnung künftiger Entdeckungen an.

Deutlich zeigt der von BOCCONE uns mitgeteilte Ausdruck der sizilischen Bauern des endigenden 17. Jahrhunderts für die Bestäubung der Pistazie, daß man sie den, in Sizilien so lange angesessenen Sarazenen verdankt. Das Wort turchiarare entspricht in seiner Bildung genau unserem gallisieren, das wir für den Wein anwenden.

48. Karl Müller: Über das biologische Verhalten von Rhytisma acerinum auf verschiedenen Ahornarten.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 16. Juli 1912.)

Seit einigen Jahren beschäftige ich mich mit der Frage: ist das bekannte *Rhytisma acerinum* als einheitliche Art aufzufassen, oder zerfällt es, ähnlich wie andere parasitäre Pilze in mehrere biologische Rassen? Soweit ich aus der Literatur ersehen kann, haben sich bisher nur FUCKEL und ROSTRUP hierzu geäußert. Beide halten eine Spezialisierung bei *Rhytisma* für wahrscheinlich, bringen aber keine beweisenden Angaben hierfür.

J. MÜLLER suchte vor nahezu 20 Jahren auf morphologischem Wege zu entscheiden, ob man unter *Rh. acerinum* verschiedene Arten zusammenfasse und kam zu dem Ergebnis, es seien wohl stufenweise Abänderungen vorhanden, nicht aber derartige scharfe Unterschiede, daß ein Aufspalten des *Rh. acerinum* in mehrere Arten gerechtfertigt erscheine. Ich muß dieser Ansicht J. MÜLLERs beipflichten, denn die morphologischen Merkmale sind in der Tat geringen Schwankungen unterworfen. Trotzdem trat ich der Frage nochmals näher, allerdings auf anderem Wege. Durch Übertragung von Sporenmaterial, das den Sklerotien einheimischer Ahornarten entnommen war, auf Blätter verschiedener Ahornbäumchen mußte es sich entscheiden lassen, ob unter *Rh. acerinum* mehrere biologische Arten zu verstehen sind.

Über einen Teil der bisher gemachten Beobachtungen will ich im folgenden kurz berichten. Eine ausführlichere, mit Abbildungen versehene Mitteilung behalte ich mir vor.

*Rhytisma*flecken auf Ahornblättern, sind sehr häufig, aber trotzdem gestatten uns Beobachtungen in der Natur nicht, mit Sicherheit festzustellen, ob unter *Rh. acerinum* verschiedene biologische Arten zusammengefaßt werden. Man findet gar nicht selten Bergahorn und Spitzahorn beisammen stehen und gleichzeitig von *Rhytisma* befallen. Mitunter sind allerdings auch nur Bergahornblätter von den pechschwarzen Sklerotien bedeckt, nicht dagegen Spitzahorne, wie ich es bei Durlach seit mehreren Jahren beobachten

konnte. Die Bergahornbäumchen sind hier stets reich infiziert, die dazwischen stehenden Spitzahorne dagegen nicht.

Durch Beobachtungen im Freien wird es also wahrscheinlich, daß sich *Rh. acerinum* in biologische Rassen gliedert, einen genauen Einblick erhalten wir hierdurch aber nicht. Wie sich *Rh. acerinum* von Feldahornblättern in dieser Hinsicht verhält, ist schon deshalb durch Studien im Freien schwer festzustellen, weil dieser Ahorn nur selten in Gemeinschaft mit Spitzahorn und Bergahorn wächst und wenn das einmal der Fall ist, nicht gerade von *Rhytisma* befallen ist.

Es konnten darum nur systematisch durchgeführte Impfversuche eine Entscheidung der gestellten Frage herbeiführen. Zu diesem Zwecke wurden Topfpflanzen von Spitzahorn (*Acer platanoides*), Bergahorn (*A. pseudoplatanus*) und Feldahorn (*A. campestre*) im Freien an voneinander entfernten Stellen in Gruppen zusammengestellt und Ende April unter die Bäumchen nahezu reife *Rhytisma*-Sklerotien einer bestimmten Ahornart ausgelegt. Die Infektion im Freien wurde, trotzdem sie Nachteile bietet, auf die ich noch eingehe, deshalb gewählt, weil auf diese Weise Ahornpflanzen mit normal entwickelten Blättern zur Verfügung standen.

Die Impfversuche im Freien wurden in den Jahren 1908—1911 mit Sklerotien verschiedener Ahornarten ausgeführt, um eine Kontrolle über die erhaltenen Resultate zu bekommen. Ich beschränke mich im folgenden auf die bisher erzielten, wesentlichsten Resultate:

1. Mit den Sporen der großen Spitzahorn-Sklerotien, die in reifem Zustande warzenartige Erhöhungen aufweisen, unter denen die Hymenialschicht sich befindet, lassen sich leicht infizieren: Spitzahorn- und Feldahornblätter, Bergahornblätter dagegen nur teilweise und viel schwächer. Ganz ausnahmsweise ist der Bergahorn nahezu gleich stark befallen wie der Spitzahorn. Außerdem befällt der Pilz von Spitzahornblättern auch schwach *Acer dasycarpum*. Diese *Rhytisma*-Art hat also eine große Verbreitung auf unseren einheimischen Ahornbäumen.
2. Auf Bergahornblättern z. B. von Hinterzarten, Durlach, Freiburg usw. kommen *Rhytisma*-Sklerotien vor, die im allgemeinen kleiner und dicker als die des Spitzahorns sind und in reifem Zustande gehirnartig gerunzelt erscheinen. Sie unterscheiden sich morphologisch kaum von denen, welche man beim Impfen von Bergahornblättern mit *Rh. acerinum*

von Spitzahornblättern erhält, wohl aber biologisch, denn sie infizieren alljährlich stets nur Bergahornblätter, diese aber sehr stark. Spitz- und Feldahorne blieben bei den Versuchen im Freien, wie auch bei den weiter unten zu schildernden in Glaskästen stets frei von dem Pilze. Wir haben hier also eine biologisch scharf, morphologisch dagegen nur unscharf charakterisierte Art vor uns, die ich *Rhytisma pseudoplatani* nennen will. Von dem ebenfalls auf den Bergahorn beschränkten *Rh. punctatum*, von dem mir bisher leider kein frisches Material zur Verfügung stand, unterscheidet sich *Rh. pseudosplatani* durch größere Sklerotien und Sporen.

3. Die Sporen von Feldahornblatt-Sklerotien, die im Aussehen denen der Spitzahornblätter gleichen, befallen stark den Feldahorn, schwächer den Spitzahorn, nicht dagegen den Bergahorn. Wir dürfen daraus schließen, daß sich auf dem Feldahorn ebenfalls eine Form zu spezialisieren beginnt, die zwar nicht so scharf ausgeprägt ist wie *Rh. pseudoplatani*, weil sie auch Spitzahorn befällt, sich aber immerhin von *Rh. acerinum* dadurch unterscheidet, daß sie Bergahorn nicht infiziert. Möglich bleibt es auch allerdings, daß bei anderem Impfmaterial auch Bergahornblätter befallen werden. Solange das aber nicht erwiesen ist, müssen wir den *Rhytisma.* Pilz auf Feldahornblättern als eine spezialisierte Form von *Rh. acerinum* ansehen, die ich *Rh. acerinum fo. spec. campestris* nenne.

Da an den Freilandversuchen ungewollte Infektionen eintreten konnten, wurden zur Kontrolle Impfversuche in einem Vegetationsraum durchgeführt. Hierbei kam jede Pflanze gleich nach dem Aufbringen der Sporen unter einen Glaskasten. Dadurch waren Fremdinfektionen ausgeschlossen und gleichzeitig ließ sich auf diese Weise feststellen, ob das Eindringen des Pilzes von der Blattober- oder Blattunterseite aus erfolgt.

Die reifen Sklerotien wurden mit einem Messerchen abgeschabt und das Abgeschabte in wenig sterilem Wasser verteilt. Mit einem Verstäuber wurden dann die ganzen Pflanzen mit der Sporen enthaltenden Flüssigkeit bespritzt oder sie wurde mit einem Haarpinsel teils auf die Blattoberseiten, teils auf die Blattunterseiten aufgetragen. Die infizierten Blätter erhielten Erkennungsmarken. Da bei Vorversuchen nur eine verhältnismäßig kleine Zahl von Infektionen glückte, mußten später recht viele Versuche angestellt werden, um die erhaltenen Resultate kontrollieren zu können. Ein-

faches Aufdrücken reifer Sklerotien auf die Blätter führte zu dem größten Prozentsatz von geglückten Infektionen.

Die Impfversuche im geschlossenen Raum bestätigten die bei den Freilandversuchen gemachten Erfahrungen, daß sich mit *Rhytisma*-Sporen von Spitzahornblättern, Spitzahorn, Bergahorn- und Feldahorn infizieren lassen, daß *Rhytisma* von Feldahornblättern neben Feldahorn auch Spitzahorn schwach befällt, nicht dagegen Bergahorn, und daß die *Rhytisma*-Pilze auf Bergahornblättern aus zwei biologischen Arten bestehen, von denen die eine sich nur auf Bergahornblättern entwickelt *(Rh. pseudoplatani)*, die andere dagegen das gewöhnliche *Rh. acerinum* darstellt. Wie sich dieses *Rh. acerinum* vom Bergahorn bei der Übertragung auf verschiedene Ahornarten verhält, ließ sich erst im Jahre 1912 sicher erkennen.

Bei Höllsteig im Höllental fanden sich nämlich im Herbst 1911 überaus reich von *Rhytisma* befallene Spitzahorne und daneben nahezu ebenso stark befallene Bergahorne. Nach den durch die mehrjährigen Infektionsversuche gemachten Feststellungen konnte entweder auf den Spitzahornblättern *Rh. acerinum* und auf den Bergahornblättern *Rh. pseudoplatani* vorhanden sein, was nicht sehr wahrscheinlich war, oder aber *Rh. acerinum* hatte Bergahorn wie Spitzahorn in gleicher Weise geschädigt. Durch Impfversuche ließ sich nachweisen, daß das der Fall war, denn die Sporen aus den Bergahornsklerotien riefen bei Impfversuchen an Spitzahorn, Bergahorn und Feldahorn die bekannten schwarzen Flecken hervor.

Eine große Zahl von Versuchen, welche darauf abzielten, festzustellen, ob die Infektion durch *Rhytisma*-Sporen auf der Blattoberseite oder nur auf der Blattunterseite erfolgte, hatte nur dann Erfolg, wenn die in Wasser aufgeschwemmten Sporen auf die Blattunterseite gebracht wurden.

Die Sporen der Pilze von verschiedenen Ahornarten verhielten sich hierbei völlig gleich, und ebenso war es gleichgültig, auf welche Ahornart die Sporen gelangten; wenn überhaupt eine Infektion möglich war, glückte sie auf der Blattunterseite, wo die Keimschläuche offenbar, wie bei vielen anderen Parasiten, durch die Spaltöffnungen in das Blatt eindringen. Den Beweis hierfür konnte ich allerdings durch direkte Beobachtung bisher nicht erbringen, weil nur ein geringer Prozentsatz der Sporen auskeimt und es deshalb schwer hält, das Eindringen des Schlauches zu beobachten. Da jedoch die Infektionsflecken häufig an den Blattzipfeln der Ahornblätter vorkommen, spricht das dafür, daß der

Keimschlauch durch die an den Blattzipfeln besonders reichlich vorhandenen Spaltöffnungen eindringt.

Eine Ausnahme von der eben geschilderten Ansteckung durch die Blattunterseiten tritt dann ein, wenn man reife Sklerotien auf die Oberseiten von Ahornblättern kräftig aufdrückt. In diesem Falle gehen auch einige Infektionen von der Blattoberseite aus, offenbar weil bei dem Aufdrücken die Epidermis durch die rauhen Sklerotien verletzt wird, wodurch der Keimschlauch die Möglichkeit erlangt, in das Innere des Blattes einzudringen. Daß in der Tat beim Aufdrücken der harten Sklerotien Verletzungen auf der Blattoberseite entstehen, ließ sich später an den Blättern feststellen, da an den betreffenden Stellen kleine Teile des Blattgewebes abstarben.

Recht verschieden erwies sich die Inkubationszeit der untersuchten *Rhytisma*-Pilze. Sie läßt sich nicht immer genau angeben, weil man anfangs oft nicht genügend Sicherheit hat, ob die gelben Flecken auf den Blättern von einer *Rhytisma*-Infektion herrühren oder nicht. Es wurde deshalb als Inkubationszeit die Zeit gerechnet, die von der Ansteckung bis zum Auftreten der ersten schwarzen Stellen auf der Blattoberseite (Beginn der Sklerotienbildung) verstreicht. Mitunter folgen die ersten Sklerotienbildungen schon wenige Tage nach dem Sichtbarwerden der ersten gelben Flecken, hie und da dauert es auch noch Wochen. Jedenfalls hängt die Inkubationszeit wesentlich von der Feuchtigkeit und Wärme ab, darum schwankt sie auch in den einzelnen Jahren beträchtlich sowohl im Freien, wie im Glaskasten. Im Freien betrug sie etwa 8 Wochen, bei Pflanzen im Vegetationsraum dagegen 4—6 Wochen.

Die Impfversuche im Freien ergaben auch Anhaltspunkte über die Abhängigkeit des Befalls von der Witterung. Für ein starkes Auftreten der Schwarzfleckenkrankheit der Ahornbäume durch *Rhytisma* sind verschiedene Umstände ausschlaggebend.

Zunächst müssen die Sklerotien im Herbst genügend ausreifen, was bei einem normalen Laubfall immer der Fall ist. Die Art der Überwinterung der *Rhytisma*-befallenen Blätter hat insofern eine Bedeutung, als feucht liegende Sklerotien die Sporen eher zur Reife bringen als trocken liegende. Die Hauptsache aber ist, daß den Sklerotien im Frühjahr, zur Zeit der Entwickelung der Askusschicht, genügend Feuchtigkeit zur Verfügung steht, sonst verdorren die Sklerotien vor der Sporenreife. Ebenso wie das Reifen der Askusschicht wird auch die Sporenaussaat durch feuchtes mit Sonnenschein abwechselndes Wetter begünstigt, weil die hinter-

einander feuchten und trockenen Sklerotien am leichtesten die Sporen ausschleudern. Diese führen dann in feuchter Atmosphäre, in der sie nicht so rasch absterben, eher eine Blattinfektion herbei als in trockener. Man kann wegen der Abhängigkeit der Infektion von den Niederschlägen schon aus der zur Zeit der Sporenreife (bei 200 mm zwischen 25. April und 12. Mai) gefallenen Niederschlagsmenge mit großer Sicherheit auf die Stärke des Befalls schließen. Die Niederschläge waren z. B. in Augustenberg um die genannte Zeit in den Jahren 1907 und 1908 stark, 1909 mittel, 1910 stark und 1911 und 1912 gering. Dementsprechend fielen die Infektionen in den Jahren 1907, 1908 und 1910 stark, in den übrigen Jahren dagegen schwach aus.

Kurz will ich noch die Beschaffenheit der Askosporen besprechen, die in der Literatur fast durchweg falsch geschildert wird.

KLEBAHN hat zuerst an den Sporen von *Rhytisma acerinum* eine dicke Gallerthülle nachgewiesen. Diese Beobachtung ist aber von J. MÜLLER „als durchaus den Tatsachen entbehrend" bezeichnet worden. Mit guten Mikroskopen ist die gallertartige Exine schon ohne Färbung zu erkennen; sie ist $^3/_4$ so dick als der Sporeninnenraum und schwillt am oberen Ende der Spore kopfartig an, während sie gegen das untere Sporenende zu an Dicke abnimmt. KLEBAHN hat, wie mir scheint, auch richtig den biologischen Wert dieser Exine erkannt. Die Sporen werden, nachdem sie aus dem Askus herausgeschleudert sind, vom leisesten Luftstrom erfaßt und an die Ahornblätter geweht. Hier haften sie dann mittels der Gallerthülle.

Über einige morphologische Verhältnisse bei *Rh. acerinum* und über verschiedene andere Beobachtungen, die sich gelegentlich der Untersuchungen ergaben, werde ich in der ausführlichen Arbeit berichten, die im Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde erscheinen wird.

Großh. Landwirtschaftliche Versuchsanstalt Augustenberg (Baden).

Literatur.

FUCKEL, Symbolae mycologicae Jahrb. Nassau. Verein für Naturk. Bd. 22 und 23 Wiesbaden 1869—1870.

KLEBAHN, H., Beobachtungen über die Sporenentleerung des Ahornrunzelschorfes *Rhytisma acerinum* Fr. „Hedwigia" 1888 S. 305—306.

Klebahn, H., Bemerkungen über *Rhytisma acerinum* und über die Arbeit des Herrn Dr. J. Müller über die Runzelschorfe. Bot. Centralblatt 1894 No. 23.

Müller, J., Zur Kenntnis des Runzelschorfes und der ihm ähnlichen Pilze. Jahrb. für wissensch. Botanik Bd. XXV. Heft 4 (1893).

Rostrup, Einfluß der Wirtspflanze auf die Entwicklung neuer Arten parasitischer Pilze (Dänisch). Overs. Kgl. Dansk. Vid. Selk. Forh. 1896 S. 113—134.

49. V. Vouk: Ein verbesserter, neuer Wiesnerscher Insolator zur Bestimmung des Lichtgenusses.

(Mit einer Textfigur.)

(Eingegangen am 16. Juli 1912.)

Der bekannte Wiesnersche Insolator, der zur Bestimmung der chemischen Lichtintensität von Biologen, Pflanzenphysiologen und Meteorologen allgemein benützt wird, besteht aus einem Holzbrettchen, welches mit schwarzem Papier umkleidet ist und in einem Ausschnitt die Skalentöne und das Normal- oder Bunsen-Eder-Papier enthält[1]). Bei der Lichtbestimmung werden die Streifen des lichtempfindlichen Papiers im Dunkeln unter das schwarze Papier hineingeschoben und bei jeder Messung herausgezogen. Im Momente der Erreichung des betreffenden Skalentones wird das Papier mit einem gelben Glas zugedeckt. Dieser einfache Apparat gestattet aber nur eine beschränkte Anzahl von Bestimmungen — im ganzen etwa 20–30 —, dann muß er wieder mit frischen Streifen versehen werden, was aber oft bei Mangel eines entsprechenden Verdunkelungsraumes, z. B. bei der Bestimmung im Freien sehr unangenehm empfunden wird. Auch bei kontinuierlichen Lichtbestimmungen muß man nach der erwähnten Anzahl von Messungen wegen Einführens frischer Papierstreifen die Bestimmung unterbrechen.

Bei der Verbesserung des Wiesnerschen Insolators schwebte mir hauptsächlich der Gedanke vor, den erwähnten unangenehmen Umstand zu beseitigen. Dabei wurden auch andere Momente be-

1) Nähere Beschreibung des Insolators siehe Wiesner, J.: Lichtgenuß der Pflanzen. Leipzig 1907, S. 15.

rücksichtigt, wie z. B. die möglichste Schonung der wertvollen Skalentöne, die etwaige Berührung der Töne und des gelben Glases mit den Händen und Einfachheit der Handhabung des Apparates. Durch die Anwendung von Spulen, an denen möglichst lange Streifen des lichtempfindlichen Papiers aufgewickelt sind, gelang es, den Insolator so weit zu verbessern, daß es jetzt möglich ist, auch etwa 400 Bestimmungen ohne Unterbrechung durchzuführen.

Die Ausführung des von mir konstruierten Apparates besorgte in liebenswürdiger Weise die bekannte Wiener Firma R. LECHNER (WILH. MÜLLER) in Wien[1]).

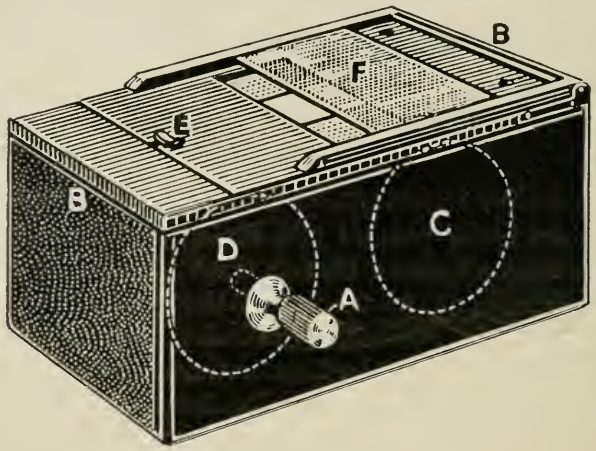


Fig. 1.

Der verbesserte WIESNERsche Insolator ist ein schwarz adjustiertes Kästchen (Länge 8 cm, Breite 4 cm, Höhe 5 cm), in welchem sich zwei Spulen befinden, wovon eine mit ca. 4 m langen und 1 cm breiten Streifen BUNSEN-EDER-Papiers[2]) versehen ist. Der Vorteil dieser Anordnung besteht, wie erwähnt, darin, daß man ca. 400 Belichtungen in bequemer Weise vornehmen kann, ohne das Papier, wie bisher, wechseln zu müssen. Die wesentlichsten Bestandteile des Apparates sind:

1) Die Firma R. LECHNER (WILH. MÜLLER) Wien I, Graben 31, wird den erwähnten Apparat in kürzester Zeit in den Handel bringen.

2) Anstatt des Normal-Papiers wird in neuester Zeit das haltbare BUNSEN-EDER-Papier benützt, welches man auch von der erwähnten Firma beziehen kann.

A. Der Schlüssel, der durch Linksdrehen die Einstellung des Papiers besorgt und durch Rechtsdrehen bei Einfüllen neuer Spulen herausgenommen wird.

BB. Die obere Platte, die fest und lichtdicht am Kästchen sitzt und die beim Einsetzen neuer Spulen abgehoben wird.

C. Die Spule 1, an der das lichtempfindliche Papier aufgewickelt ist.

D. Die Spule 2, auf die das belichtete Papier durch Linksdrehen des Schlüssels aufgewickelt wird.

E. Ein kleiner Reiber, mit welchem die dünne Metallplatte, unter der die entsprechenden Skalentöne links und rechts vom BUNSEN-EDER-Papier eingelegt werden, befestigt ist.

F. Die gelbe Glasscheibe, die in einem Geleise frei sich bewegen kann.

Der Insolator wird in folgender Weise benützt. Man hält den Insolator in der linken Hand horizontal und zwar so, daß das gelbe Glas auf den Skalentönen ruht. In der rechten Hand hält man den Chronometer (Sekundenuhr) und im Momente der Exposition wird zu gleicher Zeit die Uhr im Gang gesetzt und der Insolator schief gestellt, so daß das gelbe Glas von den Skalentönen herabgleitet und sie freiläßt. Im nächsten Momente kann man den Insolator wieder horizontal stellen, wobei sich das gelbe Glas nicht bewegt. Im Moment der Erreichung eines bestimmten Skalentones wird der Insolator wieder schief gestellt, das gelbe Glas gleitet zurück und bedeckt die Töne. Zu gleicher Zeit wird die Uhr gestoppt, und man liest die Anzahl der Sekunden ab, aus welcher man die Intensität des Lichtes in BUNSEN-ROSCOE-Einheiten in bekannter Weise[1]) berechnen kann.

Die Handhabung des Apparates ist also sehr einfach und die Ausstattung ist eine vollkommen dem Zwecke entsprechende, da dieser einerseits lichtdicht und andererseits handlich ist.

Der neue Insolator entspricht alo den im Anfang gestellten Anforderungen und bietet uns folgende Vorteile:

1. Der Insolator gestattet ca. 400 Bestimmungen ohne Unterbrechung. Dieser Vorteil wird manchem, der z. B. die Lichtmessungen auf hohen Bergen, oder im breiten Flachland ohne eine Verdunkelungsvorrichtung in der Nähe ausführen will, sehr willkommen sein. Auch für tägliche, fortlaufende Lichtbestimmungen ist die Einführung des Rollenpapiers sehr geeignet.

1) WIESNER, J., Lichtgenuß l. c. S. 10—33.

2. Die wertvollen Skalentöne sind vor Schädigungen durch Berührung oder durch den Staub möglichst geschützt.

3. Es ist das Verschieben des gelben Glases, d. h. das Zu- und Aufdecken der Töne durch die Gleitvorrichtung sehr vereinfacht.

Ich bin daher überzeugt, daß dem Pflanzenphysiologen, wie auch dem Meteorologen und dem Biochemiker dieser Apparat gute Dienste leisten wird.

Wien, pflanzenphysiologisches Institut der k. k. Universität.

---

50. A. Wieler: Die Acidität der Zellmembranen.

(Eingegangen am 19. Juli 1912.)

In der Bodenkunde unterscheidet man bekanntlich neutrale bzw. alkalische und saure Böden. Bis vor kurzem nahm man an, daß diese Reaction, die schon durch das Verhalten zum Lackmuspapier zum Ausdruck kommt, von freien Humussäuren herrührt, die infolge verschiedenartiger Zersetzungen der in den Boden gelangten organischen Materie im einen Falle vorhanden sind, im anderen fehlen. Bei näherer Überlegung mußte es überraschen, daß in manchen sauren Böden Pflanzen nicht nur wachsen, sondern vortrefflich gedeihen, während in anderen alles Pflanzenwachstum unterbleibt. So sind viele Waldböden humussauer, trotzdem gedeihen die Bäume sehr gut in ihnen, während sie im Moorboden nicht wachsen oder höchst kümmerlich. Den Grund hierfür erblickte man wohl, ohne daß es näher begründet worden wäre, in dem verschiedenen Gehalt an freien Humussäuren. Man schrieb also den Humussäuren einen schädigenden Einfluß zu, und in dieser Vorstellung schien die Erfahrung zu bestärken, daß manche saure Böden fähig werden, eine normale Vegetation zu tragen, wenn man für Zusatz von ausreichenden Mengen Kalk sorgt. Die günstige Wirkung des Kalkes erblickte man in einer Neutralisierung der Humussäuren. Ein sicherer Nachweis für die Richtigkeit dieser Anschauung ist aber niemals geführt worden, und manche Tatsachen schienen dafür zu sprechen, daß die Verhält-

nisse verwickelter liegen, als diese Ansicht annahm. Auf dies ziemlich dunkle Gebiet ist in neuerer Zeit ein helles Licht gefallen durch Untersuchungen über die „freien Humussäuren" von A. BAUMANN, dem Direktor der Bay. Moorkulturanstalt. Eine kritische Prüfung der ziemlich umfangreichen Literatur über diese Stoffe führte ihn zu folgenden Ergebnissen: „Es scheint sehr fraglich, ob wir es bei den sogenannten Humussäuren, auch bei denen des Hochmoores, überhaupt mit Säuren zu tun haben. Alle Erscheinungen, aus denen man die Anwesenheit freier Säuren geschlossen hat, können als Colloidreaktionen oder auch als Capillarerscheinungen aufgefaßt werden, die möglicherweise von neutralen Körpern herrühren. Ein bindender Nachweis, daß es freie Humussäure im Hochmoor gibt, liegt nicht vor"[1]). Gegen die Säurenatur der sogenannten Humussäuren spricht besonders, daß sie keine wirklichen Salze bilden; denn die Humate sind keine konstant zusammengesetzten Körper. Es handelt sich bei ihnen nur um Absorptionsverbindungen colloidaler Körper. Auch kommt den Humussäuren keine elektrische Leitfähigkeit zu, während alle wirklichen Säuren durch ein gutes Leitungsvermögen für den elektrischen Strom ausgezeichnet sind. Ist es unter diesen Umständen sehr unwahrscheinlich, daß es überhaupt freie Humussäuren gibt, so müßten sie wenigstens nach BAUMANN, wenn sie vorkommen, ihrem Ursprunge nach sehr verschieden sein. Die Humussäuren des *Sphagnum*torfes müßten anderer Natur sein als die im Heidetorf, und „Humussäuren der verschiedensten Art müßte man im Niederungsmoor und Hochmoor, im humosen Wald- und Wiesenboden annehmen. Auch im Ortstein, also im mineralischen Boden, müßten wieder andere Humussäuren vorhanden sein, wie im reinen Humus- und Moorboden. Soll darum jemals Klarheit in die Humussäurefrage kommen, so muß man die Humussäuren ihrer Entstehung nach verfolgen und vor allen Dingen untersuchen, ob gewisse Humussäuren nicht auf Säuren zurückzuführen sind, die bereits in den lebenden Pflanzen enthalten sind." Diese Erwägungen haben BAUMANN bestimmt, sich zunächst auf die Untersuchungen des Moostorfes und der Sphagnen, aus denen dieser Torf hervorgeht, zu beschränken. Die Untersuchung hat seine Vermutung, daß die freien Humussäuren dieses Torfs gar keine Säuren, sondern lediglich colloidale Stoffe sind, bestätigt. Die Gründe für seine Auffassung mögen in der sehr eingehenden Untersuchung nach-

1) Untersuchungen über die Humussäuren. 1. Geschichte der Humussäuren. — Mitt. d. K. Bay. Moorkulturanstalt. Heft 3, 1909, S. 106.

gesehen werden[1]). Ich will nicht unterlassen zu erwähnen, daß Baumanns Ergebnisse Widerspruch erfahren haben, aber sie machen einen so überzeugenden Eindruck und erklären die Erscheinungen in viel befriedigenderer Weise als die Ansicht, welche in den Humussäuren wirkliche Säuren erblickt, daß vorderhand kein Grund vorliegt, an ihrer Richtigkeit zu zweifeln.

Nach Baumann sind die sogenannten freien Humussäuren des Moostorfes colloidale Substanzen. Als solchen kommt ihnen die Fähigkeit zu, Salzlösungen zu zerlegen, indem sie die Basen absorbieren. Dadurch werden Säuren frei. Die ältere Ansicht setzte die Gegenwart von Säuren voraus, die die Salze zerlegten. Es wären demnach diese humosen Stoffe gar nicht an sich sauer; der saure Charakter tritt erst bei Gegenwart von Salzlösungen hervor.

Viel wichtiger für die Biologie ist ein anderes Untersuchungsergebnis Baumanns, und zwar das, daß der humussaure Charakter bereits den Torfmoosen anhaftet. Behandelt man gleiche Mengen Torf und *Sphagnum* mit gleichen Mengen von Salzlösungen und titriert die in beiden Fällen ausgeschiedene Säuremenge, so erhält man annähernd gleiche Werte. In der folgenden Zusammenstellung sind die Zahlen bei „Sphagnen“ und „Torf“ Prozente des titrierten Gesamtsäurewasserstoffs.

Salz	Sphagnen	Moostorf
5 pCt. Chlornatrium	13,40	12,50
5 „ Schwefelsaures Kalium . .	22,00	21,70
10 „ Chlorcalcium	15,30	15,00
10 „ Schwefelsaures Ammonium .	26,80	27,40
10 „ Jodkalium	12,60	11,10
2,5 „ ameisensaures Natrium . .	66,00	67,80
5 „ ameisensaures Natrium . .	76,00	77,90

Die Sphagnen sind also ungefähr ebenso sauer wie der Moostorf. Die sauer reagierenden Stoffe des Torfs entstehen demnach nicht erst im Boden durch Zersetzung, sondern gelangen bereits mit den absterbenden Pflanzen in ihn hinein. Es sind entweder, wie aus Baumanns weiteren Ausführungen hervorgeht, die Zell-

1) A. Baumann und E Gully, Untersuchungen über die Humussäuren. 2. Die freien Humussäuren des Hochmoores. Ihre Natur, ihre Beziehungen zu den Sphagnen und zur Pflanzenernährung. — Mitt. d. K. Bay. Moorkulturanstalt. Heft 4, 1910.

häute selbst oder colloidale Körper, welche in der Membran vorhanden, aber auf gewöhnlichem Wege nicht isolierbar sind. Mit der sauren Reaktion der Zellhäute bringt BAUMANN die Biologie und den Bau der Sphagneen in Zusammenhang, wofür auf das Original hingewiesen werden muß.

Diese Erfahrungen wird man vermutlich verallgemeinern dürfen. Es wäre dann alle Pflanzensubstanz, wenigstens so weit sie aus Zellhäuten besteht, als humussauer anzusprechen, und der saure Charakter irgend eines Bodens würde durch den sauren Charakter der Streu, welche durch Blattfall usw. in ihn hineingelangt, bedingt sein. Man wird aber noch einen Schritt weitergehen und auch für die alkalischen und neutralen Böden die Behauptung aufstellen dürfen, daß die Pflanzensubstanz, die als Wurzeln, Stoppeln oder Gründüngung dem Boden zugeführt wird, gleichfalls sauer reagiert, und daß es nur der sonstigen Beschaffenheit des Bodens zu verdanken ist, wenn ihr saurer Charakter verschwindet. Da aber die Möglichkeit nicht ganz von der Hand zu weisen war, daß es sich um eine specifische Eigentümlichkeit des Torfmooses handelte, die ohne weiteres nicht bei den höheren Pflanzen vorausgesetzt werden könnte, so war es notwendig, die Frage für diese durch eine besondere Untersuchung zu entscheiden. Eine von mir früher gemachte Beobachtung schien für das gleiche Verhalten der höheren Pflanzen und der Torfmoose zu sprechen. Infolge der Raucheinwirkung häufen sich die Nadeln der älteren Fichten um ihren Fuß herum in den der Clausthaler Silberhütte benachbarten Waldungen an und bleiben unzersetzt liegen. Diese Nadeln untersuchte ich seinerzeit auf ihren Gehalt an freien Humussäuren nach einer Methode von TACKE. Setzt man Kreide zu der zu prüfenden Substanz, so wird Kohlensäure entbunden, wenn Humussäure zugegen ist, und ihre Menge kann als Maßstab für die vorhandene Menge Humussäure dienen. In 2 Bestimmungen lieferten 10 g Substanz 27,7 und 34,5 mg Kohlensäure[1]). Zur Erklärung dieser Erscheinung nahm ich damals an, daß, wenn auch im großen und ganzen die Nadeln unzersetzt geblieben waren, doch eine teilweise Zersetzung eintrat, die zur Bildung freier Humussäuren führte. Unter dem neuen BAUMANNschen Gesichtspunkt erscheint diese Beobachtung in einem anderen Lichte.

Verschiedenartige Pflanzenteile höherer Pflanzen habe ich auf ihr Verhalten gegen Salzlösungen geprüft, um zu ermitteln, ob sie

1) WIELER, Untersuchungen über die Einwirkung schwefliger Säure auf die Pflanzen. Berlin, Gebr. BORNTRAEGER, 1905, S. 308.

sich ebenso wie die Torfmoose verhalten. Ich bediente mich dazu teils einer qualitativen, teils einer quantitativen Methode; beide Methoden rühren von BAUMANN und GULLY her. Da wir es nicht mit chemischen Verbindungen, sondern mit Absorptionserscheinungen zu tun haben, so ist es nötig, wenn vergleichbare Werte erzielt werden sollen, daß stets gleiche Mengen Substanz untersucht werden, die mit gleichen Mengen Reagentien zu behandeln sind. Die qualitative Methode wurde von unseren Autoren zunächst zur Untersuchung von Böden angegeben. Sie empfehlen, auf 3 g Boden 15 Minuten lang unter häufigem Umschütteln 100 ccm einer Lösung einwirken zu lassen, die 2 g Jodkalium und 0,1 g jodsaures Kalium enthält. Sind sogenannte freie Humussäuren vorhanden, so wird Jod ausgeschieden, das sich durch Zusatz von Stärke zur Lösung nachweisen läßt. Sind die Humussäuren in reicher Menge vorhanden, so läßt sich das Jod schon an der gelben bis dunkelbraunen Färbung der Lösung erkennen. Innerhalb gewisser Grenzen ist diese Methode auch als quantitative zu benutzen.

Als quantitative Methode schlagen BAUMANN und GULLY die Verwendung einer 10proz. Lösung von essigsaurem Kalk vor. Die entbundene Essigsäure wird durch Titrieren mit $^1/_{10}$ N-Kalilauge und $^1/_{10}$ N-Schwefelsäure und Phenolphthaleïn als Indicator bestimmt.

Beide Methoden habe ich auf das zu untersuchende Pflanzenmaterial angewandt. Dasselbe wurde möglichst zerkleinert. Es wurden immer die gleichen Mengen Substanz benutzt und zwar jedesmal 3 g, die mit 100 ccm der Lösung sowohl bei Anwendung der einen wie der anderen Methode versetzt wurden. Bei der Jodmethode dauerte die Einwirkung 15 Minuten, bei der Methode mit essigsaurem Kalk 3 Stunden.

Zunächst führte ich qualitative Bestimmungen aus, deren Ergebnisse ich in der folgenden Tabelle zusammengestellt habe.

Fichte:

1. Frische grüne Nadeln aus dem Harz, getrocknet.
2. Durch Hüttenrauch beschädigte Nadeln, gleichfalls aus dem Harz, getrocknet.
3. Abgefallene Nadeln von unter Rauchwirkung stehenden Fichten im Clausthaler Rauchschadengebiet, die lange unzersetzt auf dem Boden gelegen haben.
4. Gesunde Nadeln, im Sommer gepflückt, getrocknet.

Alles erwies sich als stark sauer.

Rotbuche:

1. Grüne, im Sommer gepflückte und getrocknete Blätter.
2. Blätter, die im Winter vom Baum gepflückt wurden.
3. Blätter, die im Winter vom Boden aufgelesen wurden und aus dem vorhergehenden Jahre stammten.
4. Buchenlaub aus dem Vorjahre, im Sommer aufgelesen.

Alles war stark sauer.

Amerikanische Eiche:

Vertrocknete Blätter, im Herbst bald nach dem Blattfall aufgelesen — sauer.

Roßkastanie:

Abgefallene und vertrocknete Blätter, bald nach dem Laubfall aufgelesen — sauer.

Weinstock:

Gesunde grüne Blätter, im Sommer vom Stock gepflückt und getrocknet — stark sauer.

Gelbe Lupine:

Im Garten gezogen, rechtzeitig abgeerntet und im getrockneten Zustande aufgehoben. Stengel und Blätter gemeinsam untersucht — stark sauer.

Hafer:

Im Garten gezogen, rechtzeitig abgeerntet und im getrockneten Zustande aufgehoben. Stengel und Blätter zusammen untersucht — stark sauer.

Werg von Flachs: sauer.

Verbandwatte: ziemlich stark sauer.

Cellulose aus Nadelholz: isoliert mit dem SCHULZschen Macerationsverfahren (nach der Angabe von DRAGENDORFF, Pflanzenanalyse) — stark sauer.

Hiernach sind alle geprüften, toten oder lebendigen Pflanzenteile, so verschiedenartig sie auch waren, sauer oder gar sehr sauer. Daß diese Reaction etwa von der Gegenwart von organischen Säuren herrührte, war unwahrscheinlich, befanden sich doch unter dem untersuchten Material Blätter und Nadeln, die im abgestorbenen Zustande den Winter über auf der Erde zugebracht hatten, so daß durch das Regenwasser wohl alle leicht löslichen Stoffe ausgewaschen sein durften. Der stark saure Charakter der Cellulose ließ sich nicht aus der Anwesenheit von organischen Säuren erklären; hier konnte es sich nur um Zell-

membranen handeln. Trotzdem habe ich einen Teil der Materialien mit viel Wasser ausgekocht, um zu sehen, ob die sauren Stoffe ganz auszuziehen wären. Nun erwies sich die Verbandwatte erheblich weniger sauer als vorher, und der Werg reagierte nach dem Auskochen nur noch ganz schwach sauer. Daraus kann aber nicht gefolgert werden, daß die extrahierten Stoffe Säuren waren; denn bekanntermeise gehen auch colloidale Körper, namentlich mit großen Wassermengen in Lösung. Auch von den übrigen untersuchten Proben habe ich noch einige ausgekocht; zum Teil war das schon mit Rücksicht auf die quantitativen Bestimmungen erforderlich. Vielfach entstehen beim Behandeln der Substanzen mit der Lösung des essigsauren Kalkes so stark gefärbte Lösungen, daß Titrieren ausgeschlossen ist. Bei den Extractionen, die mit Wasser am Rückflußkühler ausgeführt wurden, gingen vielfach große Mengen in Lösung. In einem Fall wurde die Menge bestimmt; es waren 26 pCt. ausgezogen worden. Die Natur der extrahierten Substanzen wurde nicht näher untersucht. Es scheinen vielfach Gerbstoffe mit ihren Oxydations- und Zersetzungsprodukten zu sein. Es ließen sich gelegentlich auch reducierende Substanzen nachweisen. Meistenteils reagierte auch der Auszug humussauer, und die extrahierte Substanz reagierte dann weniger sauer oder erheblich weniger sauer als vorher. Die saure Reaction der Extrakte wurde mit der BAUMANN-GULLYschen Jodprobe oder mit Lackmus nachgewiesen; das sind aber keine sicheren Reagentien zum Nachweis von wirklichen Säuren. Dahingegen läßt sich ihre Gegenwart aus der elektrischen Leitfähigkeit erkennen, die den colloidalen Stoffen abgeht. In einem Falle wurde im Extract festgestellt, ob ihm elektrische Leitfähigkeit zukam. Es wurden frische gesunde Fichtennadeln extrahiert. Herr Dr.-Ing. A. FISCHER, Privatdocent der Elektrochemie an der Technischen Hochschule zu Aachen, hatte die Freundlichkeit, die Bestimmung auszuführen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle bestens danke. Es war keine elektrische Leitfähigkeit vorhanden, obgleich eine Reaktion mit Lackmus auftrat. Es handelt sich also bei diesen sauren Stoffen nicht um Säuren, sondern um colloidale Substanzen. Es wird demnach auch für die anderen Materialien angenommen werden können, daß die saure Reaction von colloidalen Körpern herrührt, und sollten gelegentlich kleine Mengen Säuren vorhanden sein, so treten sie doch hinter den großen Mengen colloidaler Körper zurück.

Die colloidalen Körper, an die die saure Reaction gebunden ist, sind teils Körper, welche in Wasser löslich sind, teils unlös-

liche, und zwar ist dies Verhältnis, wie ein Vergleich ausgekochter und unausgekochter Proben zeigt, bei verschiedenen Materialien sehr ungleich. Bald überwiegen die im Wasser löslichen Stoffe, wie bei der Buche in Nr. 9 und 10 der folgenden Tabelle, bald die unlöslichen, wie bei den unzersetzten Fichtennadeln aus dem Harz (Nr. 5 und 6).

In der folgenden Tabelle sind die quantitativen Bestimmungen zusammengestellt worden. Sie sind teilweise mit demselben Material ausgeführt worden, das zu den qualitativen gedient hat. Dazu sind noch einige Bestimmungen gekommen, zu denen keine qualitative Bestimmung vorlag. Da es sich bei der Behandlung der Pflanzensubstanz mit der Lösung des essigsauren Kalks um eine Absorption von Kalk handelte, schien es mir zweckmäßig zu sein, aus dem Ergebnis des Titrierens zu berechnen, wieviel Kalk 100 g Substanz absorbiert hatten.

	CaO
1. Hafer, Stengel und Blätter	1,160 g
2. Lupine, Stengel und Blätter	1,413 g
3. Rotklee, Wurzeln, ausgekocht	0,315 g
4. Unterste Partie des holzigen Stengels des Heidekrauts	0,616 g
5. Abgefallene und unzersetzte Fichtennadeln aus dem Harz, unausgekocht	1,922 g
6. do., ausgekocht	1,475 g
7. Frische Fichtennadeln, ausgekocht, 2 Proben 1,209 g,	1,260 g
8. Rotbuche, im Sommer gesammelte und getrocknete Blätter, ausgekocht	0,634 g
9. Rotbuche, im Winter vom Baum gepflückte Blätter, ausgekocht	0,448 g
10. do., unausgekocht	1,325 g
11. Buchenlaub des Vorjahres, im Sommer aufgelesen, wenig zersetzt	1,540 g

Die mitgeteilten qualitativen und quantitativen Bestimmungen sind ausreichend, da ihre Ergebnisse übereinstimmen, um die Ansicht zu begründen, daß diese saure Reaktion eine Eigentümlichkeit der Pflanzensubstanz überhaupt ist. Wurzeln, Stengel und Blätter verschiedener Pflanzen und das secundäre Holz der Heide sind absorptiv ungesättigt, und das gleiche gilt von den isolierten Geweben, wie Baumwolle und Flachsfasern und den isolierten Zellen des Nadelholzes. Namentlich das Verhalten dieser letzteren und der isolierten Gewebe spricht dafür, daß die saure Reaction

an die Zellwände gebunden ist, wie es nach den Baumannschen Untersuchungen für die Torfmoose zutrifft.

Da die Wurzeln von Rotklee, die Stengel und Blätter von Lupine und Hafer gleichfalls sauer reagieren, so gelangt auch bei den Ackerböden absorptiv ungesättigte organische Substanz in den Boden. Nur der natürlichen Beschaffenheit des Bodens bzw. seiner Düngung (durch den Kalkgehalt) ist es zu verdanken, wenn diese Böden nicht sauer reagieren. Gelegentlich kommt es aber vor, etwa durch Kalkentzug, daß Ackerböden sauer werden.

Wie der saure Charakter des Moortorfes aus dem der Torfmoose herrührt, so läßt sich auch zeigen, daß der saure Charakter des Waldbodens aus dem der Streu stammt. Ich habe einen Fall näher untersucht. Es handelte sich um einen Buchenboden im Bezirk Dachsenhausen bei Braubach a. Rh. Es wurde die Streu, die aus den unzersetzten Blättern des Vorjahres bestand, die darunter liegende humose Erde und der Boden etwa aus Spatentiefe untersucht. Auch hier wurde, wie in der vorhergehenden Tabelle, die absorbierte Menge Kalk ermittelt.

	CaO
1. Streu	1,540 g
2. Darunter befindliche humose Erde	1,101 g
3. Boden aus Spatentiefe	0,653 g

Es macht nach diesen Zahlen den Eindruck, als wenn sich die absorptiv ungesättigte Substanz nach unten an Menge verminderte. Wenn man aber berücksichtigt, daß die Menge der organischen Substanz nach unten hin abnimmt, und wenn wir voraussetzen, daß die saure Reaction nur an diese organische Substanz gebunden ist, so ergibt sich bei einer Umrechnung der absorptiv ungesättigten Menge auf die organische Substanz überhaupt, daß die absorptiv ungesättigte Substanz nach unten sogar zunimmt.

100 g Boden enthalten organische Substanz	100 g organische Substanz absorbieren CaO
17,77 g	6,20 g
9,23 g	7,07 g

Demnach scheinen bei der Zersetzung der organischen Massen absorptiv immer ungesättigtere Substanzen übrig zu bleiben. Vielleicht steht es hiermit im Zusammenhang, daß die Steinkohle sauer und die Braunkohle sogar ziemlich stark sauer reagiert.

Die Waldböden, selbst wenn ein und dieselbe Baumart auf ihnen wächst, sind sehr ungleich sauer. Das hängt vermutlich von

der sonstigen Beschaffenheit des Bodens ab. Auf Kalkboden wird ein Buchenboden entweder gar nicht sauer oder nur wenig sauer, auf kalkarmen Böden stark sauer sein. Und es ist sehr wahrscheinlich, daß ein Kalkmangel auch die Ursache für das Auftreten von Rohhumus ist. Freilich scheint hierfür zunächst einmal das Fehlen der zerstörenden Tätigkeit der Tiere die Bedingung zu sein, doch wäre es vielleicht möglich, daß ihr Fehlen eine Funktion des Kalkmangels ist.

Da nicht nur die Zellwände sauer reagieren, sondern auch mit Wasser ausziehbare colloidale Substanzen in der Streu vorhanden sind, die sauer reagieren, tritt zu dem oben geschilderten Verhältnisse noch die Wirkung dieser Substanzen im Boden hinzu. Sie werden in um so tiefere Schichten des Bodens gelangen, auf je weniger Hemmnisse sie stoßen, je weniger Stoffe im Boden vorhanden sind, die sie niederzuschlagen vermögen. Die Ortsteinbildung ist vielleicht auf das Vorhandensein dieser löslichen absorptiv ungesättigten Stoffe zurückzuführen.

Mit dem Nachweis, daß der saure Charakter des Bodens nicht von der Gegenwart freier Säuren, sondern absorptiv ungesättigter Substanzen, die an sich neutral sind, herrührt, wird auch die Vorstellung von der Wirkung der sauren Böden auf das Pflanzenwachstum eine ganz andere. Solche Böden schaden nicht durch das, was sie im Übermaß haben, sondern durch das, was ihnen fehlt. Ein schlechtes Gedeihen von Pflanzen auf sauren Böden deutet darauf hin, daß an ihren normalen Existenzbedingungen im Boden etwas fehlt, und keineswegs braucht jeder saure Boden schädlich zu sein. Es gibt viele saure Waldböden, auf denen die Bäume vortrefflich gedeihen, weil sie alle Nährstoffe in ausreichender Menge für diese Pflanzenarten enthalten. Tritt aber in einem solchen sauren Boden Mangel an Nährstoffen ein, so kränkeln die Bäume. Das allmähliche Auftreten von Rohhumus in Waldböden dürfte auf Mangel an bestimmten Nährstoffen zurückzuführen sein, wodurch die normale Zersetzung der organischen Substanz beeinträchtigt wird. Manche saure Böden vermögen nur eine kümmerliche Vegetation hervorzubringen, ja es gibt sogar saure Böden, auf denen gar nichts gedeiht. Als Beispiele hierfür sind mir bekannt ein humusreicher Boden auf dem Eselsberg in der Oberförsterei Zellerfeld und kahle Rauchblößen in der Nähe der Clausthaler Silberhütte im Harz. Auf Zusatz von Kalk ist auf diesen Böden ein Wachstum ausgesäeter oder ausgepflanzter Waldbäume möglich. In sehr vielen Fällen ist Mangel an Kalk die Ursache schlechten Wachstums in sauren Böden. Auf Zusatz von Kalk

wachsen in den extrem sauren Moorböden Pflanzen, die ohne diesen Zusatz nicht wachsen wollen. Damit soll nicht gesagt sein, daß in allen Fällen nur ein Mangel an Kalk vorliegt. Daneben können auch andere wichtige Nährstoffe fehlen.

Der saure Boden ist noch durch einen anderen Umstand ausgezeichnet, durch die geringe Entwicklung der Mikroflora, die um so geringer zu sein scheint, je saurer er ist. Es ist das lange vom Moorboden bekannt, wirkt doch dieser Boden gerade zu konservierend. Ähnlich verhalten sich auch andere saure Böden, es kommen natürlich alle möglichen Abstufungen vor. Diese geringe Entwicklung der Bakterien in den sauren Böden hat man vielfach auf eine specifische Wirkung des Moorbodens geschoben, es dürfte sich aber vermutlich ausschließlich um eine Folge des Kalkmangels handeln. Denn, wie aus der Litteratur[1]) ersichtlich ist, beanspruchen die Bakterien, welche für die Zerstörung organischer Substanz von Wichtigkeit sind, und die, welche dem Boden Stickstoff zuführen, oder den Stickstoff in eine für die höheren Pflanzen aufnehmbare Form überführen, einen beträchtlichen Kalkgehalt im Boden. Es geht das aus den Vorschriften für die Kulturmedien hervor, teils daraus, daß *Azotobacter* nur aus ausreichend gekalkten Böden gewonnen werden kann. In diesen Fällen dürfte der Kalk eine doppelte Aufgabe im Boden haben; einmal ist er Nährstoff für die höheren Pflanzen, zweitens ermöglicht er den Mikroorganismen eine normale Entwicklung und wird damit indirekt wieder wichtig für die höheren Pflanzen. In den Kalkböden wird die organische Substanz schnell zersetzt, während diese Zersetzung um so langsamer vor sich geht, je kalkärmer die Böden sind.

Es scheinen ganz wesentlich die Ansprüche zu sein, welche die einzelnen Pflanzenarten an Kalk stellen, eventuell auch die damit aufs engste zusammenhängenden Ansprüche an die Stickstoffversorgung, welche es der einen Pflanzenart ermöglicht, auf einem Boden zu wachsen, auf der eine andere versagt. Unsere Ackerfrüchte sind durchgehends anspruchsvoller nach dieser Richtung hin als beispielsweise unsere Waldbäume. Diese gedeihen deshalb auf ziemlich saurem Boden noch recht gut, wo der Weizen nicht existieren kann.

Während der saure Charakter der Streu, wie wir gesehen haben, für das Pflanzenwachstum an sich unschädlich ist, ist er für die Aufschließung des Bodens von der größten Bedeutung. Die Salze circulieren im Boden als sehr stark verdünnte Lösungen.

---

1) LAFAR, Handbuch der Technischen Mykologie Bd. 3, 1904–6.

Diese werden durch die organische Substanz zerlegt. Die freie Säure kann wieder neue anorganische Materialien in Lösung bringen, und so werden durch eine kleine Menge Säure mit der Zeit große Mengen mineralischer Stoffe gelöst. Ein schädliches Übermaß an freier Säure kann nicht auftreten, solange ausreichende Mengen kohlensauren Kalkes im Boden vorhanden sind. Eine geringe Menge freier Säure vermögen die Pflanzen ja auch zu vertragen, ein Übermaß wirkt schädlich. Bringt man zum Moorboden Gyps, so gehen die Pflanzen, welche sich anfänglich entwickelt hatten, zugrunde. Hatte man aber vorher oder gleichzeitig kohlensauren Kalk hinzugesetzt, so schädigte der Gyps nicht. Es handelte sich hierbei um Entbindung von Schwefelsäure, welche im zweiten Fall immer wieder durch den kohlensauren Kalk gebunden wurde. Die Absorption der Basen durch die organische Substanz ist aber auch noch nach der Richtung hin nützlich, daß dadurch die zu zersetzenden organischen Massen in enge Verbindung mit den für die Entwicklung der Mikroorganismen erforderlichen mineralischen Nährstoffen gebracht werden.

Da sich die Pflanzenteile in bezug auf die Acidität im toten wie im lebendigen Zustande gleich verhalten, so müssen sich auch die Wurzeln im Boden wie die ihm zugesetzte Streu verhalten; sie müssen aus den Salzlösungen die Basen absorbieren und auf diese Weise ihren mineralischen Nährstoffbedarf decken. Unter Bezugnahme auf eine Theorie von MICHAELIS und auf die von den Colloiden bekannte elektrische Kraftäußerung stellt BAUMANN folgende Hypothese über die Aufnahme mineralischer Nährstoffe durch die Pflanzen auf: „Die gequollene Zellhaut ist negativ elektrisch; sie zieht hierdurch die Kationen der dissociierten Salzlösungen an und verwandelt sie in Hydrate, die sich durch Diffusion in die Zellhaut begeben und von da an die Orte des Verbrauches geleitet werden. Gleichzeitig müssen Reduktionswirkungen eintreten, die von dem Wasserstoff dieser Elektrolyse herrühren. Nach Sättigung mit Basen oder durch H-Ionen findet eine elektrische Umladung der Zellhaut statt, die es ermöglicht, daß Säuren diffundieren können. Durch die Umladung wird also die Nährstoffaufnahme selbstätig reguliert. Wurzelabscheidungen in Form organischer Säuren sind für die Nährstoffaufnahme nicht nötig, eher nachteilig[1])."

Zur Stütze seiner Hypothese beruft BAUMANN sich auf eine Beobachtung von STOCKLASA und ERNEST, die freien Wasserstoff

1) Die freien Humussäuren des Hochmoores S. 155 l. c.

an den Wurzeln auftreten sahen[1]) und auf eine Notiz von SACHS, wonach sich an den Wurzeln Braunstein niederschlug, als sie in eine Lösung von Kaliumpermanganat getaucht wurden[2]). Hierzu kann ich eine analoge Beobachtung mitteilen. Als in ein großes Gefäß mit Wasser, in dem sich Pflanzen von *Vicia Faba* befanden, etwas frisch gefälltes Kupfercarbonat geschüttet wurde, färbten sich die Wurzeln rot unter Einstellung ihres Längenwachstums. Nachdem das blaue Kupfercarbonat in grünes übergegangen war, wuchsen die Wurzeln weiter, ohne sich zu färben. Es wurde diese Beobachtung damals nicht weiter verfolgt; augenscheinlich handelte es sich hierbei auch um eine durch die Zellhaut bewirkte Reductionserscheinung. Die oberflächliche Abscheidung von Braunstein aus einer Kaliumpermanganatlösung konnte ich übrigens auch an der oben erwähnten Nadelholzcellulose beobachten, als sie in die Lösung gebracht wurde.

Aachen, Bot. Institut der Techn. Hochschule.

51. Theo J. Stomps: Die Entstehung von Oenothera gigas de Vries.

(Eingegangen am 24. Juli 1912.)

Bekanntlich weist die *Oenothera gigas* bei ihren Kernteilungen doppelt so viele Chromosomen auf als ihre Mutterart *Oenothera Lamarckiana*. Diese merkwürdige Tatsache wurde von Miß LUTZ[3]) entdeckt, nachdem zuvor die diploide Chromosomenzahl von *O. Lamarckiana* durch die Untersuchungen von GATES[4]), Miß LUTZ und GEERTS[5]) auf 14 festgestellt worden war. Auch bei

1) Beiträge zur Lösung der Frage der chemischen Natur des Wurzelsekretes. — PRINGSHEIMs Jahrb. f. wiss. Bot. 46 1909.

2) Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen 1865 S. 189.

3) ANNE M. LUTZ, A preliminary note on the chromosomes of *Oenothera Lamarckiana* and one of its mutants *O. gigas*. Science, N. S., Vol. 26, S. 151—152, Aug. 1907.

4) R. R. GATES, Hybridization and germcells of *Oenothera* mutants. Bot. Gaz., Bd. 44, S. 1-21, 1907.

5) J. M. GEERTS, Über die Zahl der Chromosomen von *Oenothera Lamarckiana*. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. 25, S. 191—195, 1907 und Bd. 26a, S. 608, 1908.

anderen *Oenothera*-Arten ist letzteres der Fall; so bei *Oenothera biennis*, wo GATES[1]) 14 Chromosomen zählte und *O. grandiflora*, wo BRADLEY MOORE DAVIS[2]) zum gleichen Resultat kam. Auch für die aus *O. Lamarckiana* entstandenen Mutanten ist 14 die gewöhnliche Zahl. GATES zählte dieselbe z. B. bei *O. lata*[3]), *O. rubrinervis*[4]), *O. laevifolia*[5]) und *O. nanella*[6]). Miß LUTZ fand die gleiche Zahl bei *O. oblonga*, *O. albida* und *O. nanella*[7]). *O. gigas* macht also eine Ausnahme von dieser Regel. Diese Mutation ist 1895 in den Kulturen von DE VRIES entstanden aus im Jahre 1891 durch Selbstbestäubung von *O. Lamarckiana* gewonnenen Samen. Miß LUTZ untersuchte die Wurzelspitzen und fand, daß bei den vegetativen Teilungen 28 (bisweilen auch 29) Chromosomen anwesend sind. Dieses wurde von GATES[8]), der die Pollenmutterzellen studierte, bestätigt. *O. gigas* ist also von der Mutterart und den übrigen Mutanten durch eine verdoppelte Chromosomenzahl unterschieden. Im Pflanzenreich kommt es öfters vor, daß Arten sich durch eine doppelte Chromosomenzahl von nahe verwandten Arten desselben Geschlechts unterscheiden. Der Fall von *Oenothera gigas* ist aber deshalb besonders interessant, weil wir den Zeitpunkt kennen, wo die Verdoppelung stattgefunden haben muß.

Darüber, daß die Verdoppelung einer Längsspaltung der Chromosomen ihre Entstehung verdankt, wurde man bald einig. GATES[9]) vertrat diese Meinung in seiner Mitteilung „The stature and chromosomes of *Oenothera gigas* de Vries". Bald darauf schloß sich ihm STRASBURGER[10]) in seiner Arbeit „Chromosomenzahl" an. Seitdem nimmt man allgemein an, daß sogenannte tetraploide

---

1) R. R. GATES, Further Studies of Oenotheran cytology. Science, N. S.. Vol. 29, S 269, Febr. 1909.

2) BRADLEY MOORE DAVIS, Cytological Studies on *Oenothera*. I. Pollendevelopment of *Oenothera grandiflora*. Annals of Botany, Vol XXIII, No. XCII, Oct. 1909.

3) R. R. GATES, Pollendevelopment in hybrids of *O. lata* × *O. Lamarckiana* and its relation to mutation. Bot. Gaz., Bd. 43, S. 81—115, 1907.

4) R. R. GATES, A. study of reduction in *Oenothera rubrinervis*. Bot. Gaz., Bd. 46, S. 1—34, Jul. 1908

5) R. R. GATES, Science, l. c., Febr. 1909.

6) R. R. GATES, The chromosomes of *Oenothera*. Science, N. S., Vol. 27, S. 193—195, Jan. 1908.

7) ANNE M. LUTZ, Chromosomes of the somatic cells of the *Oenotheras*. Science, N. S., Vol. 27, S. 335, Febr. 1908.

8) R. R. GATES, Science, l. c., Jan. 1908.

9) R. R. GATES, Archiv für Zellforschung, Bd. 3, Heft 4, 1909.

10) E. STRASBURGER, Chromosomenzahl. Flora, Bd. 100, 1910.

Sporophyten möglich sind, was übrigens ROSENBERG[1]) schon früher behauptet hatte auf Grund seiner Untersuchungen an *Drosera longifolia*. Bekanntlich weist diese Art doppelt so viele Chromosomen auf als die nahe verwandte *Drosera rotundifolia*. ROSENBERG nahm hierzu an, daß die *Drosera longifolia* in ihren Kernen vier Chromosomensätze führt, wie *Drosera rotundifolia* deren nur zwei hat. Er konnte seine Auffassung beweisen durch ein Studium der Reduktionsteilung beim Bastard zwischen *Drosera longifolia* und *Drosera rotundifolia*. Hier treten die 10 *Rotundifolia*-Chromosomen mit 10 der 20 *Longifolia*-Chromosomen zu Paaren zusammen, während die übrigen 10 *Longifolia*-Chromosomen willkürlich über die beiden Pole der Reduktionsspindel verteilt werden. Ähnliche Erscheinungen stellte GEERTS[2]) fest bei einer Untersuchung der Reduktionsteilung bei einem Bastard zwischen *Oenothera gigas* und *O. Lamarckiana*. Hier findet Paarung zwischen den 7 *Lamarckiana*-Chromosomen und 7 von den 14 von *O. gigas* herrührenden Chromosomen statt. Die übrigen 7 *Gigas*-Chromosomen werden ohne Paarung so über die beiden Tochterkerne der heterotypen Teilung verteilt, daß in der Regel 3 Chromosomen nach der einen Seite, 4 nach der anderen Seite wandern. Abweichungen in der Verteilung dieser Chromosomen, welche man Extrachromosomen nennen könnte, wurden sowohl von ROSENBERG als von GEERTS beschrieben. Damit wollen wir uns aber nicht weiter beschäftigen. Hauptsache für uns ist, daß man allgemein annimmt, daß die Verdoppelung der Chromosomenzahl bei der Entstehung von *O. gigas* durch eine Längsspaltung stattgefunden hat und daß folglich *O. gigas* in ihren Kernen vier Chromosomensätze führt, wie *O. Lamarckiana* deren nur zwei aufweist.

Über die wichtige Frage jedoch, wo die Verdoppelung bei der Entstehung von *O. gigas* eingetreten war, wurde zunächst keine Einigkeit erreicht. GATES setzte als wahrscheinlich voraus, daß in einem befruchteten, noch ungeteilten Ei oder jedenfalls kurz nach der Befruchtung eine Kernteilung ohne darauf folgende Zellteilung stattgefunden hatte. STRASBURGER war derselben Meinung. GATES nahm dazu noch an, daß die Verdoppelung den Charakter einer zufälligen Erscheinung hatte. „It appears to be rather of

1) O. ROSENBERG, Cytologische und morphologische Studien an *Drosera longifolia* × *rotundifolia*. Königl. Sv. Vet.-Akad. Handl., Bd. 43, 1909, Nr. 11, S. 1—63.

2) J. M. GEERTS, Cytologische Untersuchungen einiger Bastarde von *Oenothera gigas*. Ber. d. D. Bot. Ges., 1911, Bd. XXIX, Heft 3.

the nature of an incident among evolutionary phenomena", sagt er am Schlusse seiner oben citierten Arbeit im Archiv für Zellforschung. Die Unterschiede zwischen *Oenothera Lamarckiana* und *O. gigas* betrachtete er als Folgen der Verdoppelung; m. a. W., in den Kernen von *O. gigas* würden die nämlichen Eigenschaften anwesend sein, wie in denen von *O. Lamarckiana*, nur bei ersterer in doppelter Zahl. Dies geht hervor aus seiner Äußerung: „The doubling of the chromosome number in *O. gigas* is to be looked upon merely as a duplication of the chromosome set already present in *O. Lamarckiana*. There is no evidence that any new unit characters have been added or that anything really new has come into the germ plasm[1])." Die kräftigere Gestalt von *O. gigas* würde dann einfach dadurch herbeigeführt werden, daß ihre in bezug auf die der *O. Lamarckiana* doppelte Chromosomenzahl eine Vergrößerung der Zellen bewirkt, ungefähr in einem Verhältnis, wie es BOVERI und MARCHAL in ihren bekannten Versuchen gefunden haben. „In *O. gigas* we have an organism built of bricks which are larger and whose relative dimensions are also altered in some cases. These two factors will apparently account for all the differences between *O. gigas* and *O. Lamarckiana*[2])."

Auf Grund theoretischer Erwägungen bin ich dann dieser Auffassung entgegengetreten[3]) und habe zu beweisen versucht, daß die Verdoppelung schon vor der Befruchtung eingetreten sein muß, in den beiden Keimzellen, aus deren Zusammenwirkung die *O. gigas* hervorging. Eine Verdoppelung der Chromosomenzahl, welche sich durch zahlreiche Generationen erhält, wie das bei *O. gigas* der Fall ist, kann unmöglich zufälliger Natur sein. Ihr muß ebensogut wie dem Entstehen jeder andren neuen Eigenschaft eine Mutation zugrunde liegen. In einer befruchteten Eizelle wird eine solche Verdoppelung nie eintreten, wenn nicht wenigstens eine der beiden Keimzellen die Eigenschaft dazu mitgebracht hat, also mutiert war. Aber dann liegt es näher, anzunehmen, daß diese mutierte Keimzelle selbst schon infolge der Mutation zum Besitze einer doppelten Chromosomenzahl gelangt war. Am wahrscheinlichsten ist es also, daß die *O. gigas* durch das Zusammentreffen zweier Keimzellen entstand, die beide in ihren Kernen schon eine im Verhältnis zur gewohnten verdoppelte Anzahl Chromosomen führten. Als Argument für meine Auffassung kann ich

1) R. R. GATES, Arch. f. Zellf., Bd. 3, Heft 4, 1909, S. 547.

2) R. R. GATES, l. c., S. 543.

3) THEO. J. STOMPS, Kerndeeling en synapsis bij *Spinacia oleracea* L Amsterdam, 1910, S. 52—64.

noch eine Mitteilung von GEERTS anführen, aus welcher zu schließen ist, daß von *Oenothera Lamarckiana* bisweilen Keimzellen mit einer doppelten Chromosomenzahl erzeugt werden. GEERTS zählte nämlich einmal in der heterotypen Spindel einer Embryosackmutterzelle nicht 14, sondern 28 Chromosomen[1]). Ich habe dann weiter darauf hingewiesen, daß meine Anschauung in Übereinstimmung ist mit den herrschenden Vorstellungen über den Ursprung der Mutationen. Nach der Ansicht von DE VRIES[2]) muß dem Auftreten einer Mutation ein Mutieren der Eizellen oder der Pollenkörner der Mutterpflanze vorangehen. Da mutierte Keimzellen offenbar selten sind, werden nur ausnahmsweise zwei im gleichen Sinne mutierte Keimzellen einander befruchten. „Jede sichtbare Mutation", sagt DE VRIES[3]) „muß in unsrem Beispiele somit als Bastard zwischen einer mutierten und einer nicht mutierten Sexualzelle entstanden sein, wenn wir von dem seltenen Zusammentreffen zweier mutierten Zellen absehen". Die Möglichkeit bleibt aber offen, daß zwei im gleichen Sinne mutierte Keimzellen zufälligerweise zusammenkommen. Somit paßte sich meine Auffassung über den Ursprung von *O. gigas* in schönster Weise der von DE VRIES gegebenen Vorstellung bezüglich der Entstehung von Mutationen im allgemeinen an. Für meine Ansicht sprach im Zusammenhang mit dem zuletzt Besprochenen gleichfalls die Tatsache, daß *O. gigas* nur außerordentlich selten in die Erscheinung getreten ist. Mit Sicherheit wurde sie in den Kulturen von DE VRIES sogar nur einmal wahrgenommen, und während für andere Mutanten von DE VRIES der Mutations-Koeffizient 1 oder 0,1 gefunden worden ist, war derjenige von *O. gigas* nur höchstens 0,01.

Was nun die Ansicht GATES' über die Unterschiede zwischen *O. Lamarckiana* und *O. gigas* betrifft, so ist es klar, daß ich auf Grund meiner Auffassung über die Entstehung von *O. gigas* diese gleichfalls nicht zu teilen vermochte. GATES selbst machte übrigens in einer Fußnote in seiner diesbezüglichen Arbeit die Bemerkung[4]): „The possibility must, however, be recognized, that other changes took place at the same time as the doubling of the chromosomes." Und in einer neueren Arbeit über die Pollenbildung

1) J. M. GEERTS, Beiträge zur Kenntnis der Cytologie und der partiellen Sterilität von *Oenothera Lamarckiana*. Rec. d. Trav. Bot. Néerl., Vol. V, Livr. 2—4, 1909, S. 144.

2) HUGO DE VRIES, Die Mutationstheorie. Bd. II, 1903, S. 504.

3) HUGO DE VRIES, l. c., S. 504.

4) R. R. GATES, l. c., S. 547.

bei *Oenothera gigas* gibt er sogar zu, daß[1]) „it further seems probable, though not certain, that whenever in the life cycle the duplication in the number of chromosomes occurred in *O. gigas* other simultaneous changes took place in the germ-plasm". In der Tat muß letzteres als wahrscheinlich angenommen werden. Denn es ist sehr schwer, wenn nicht unmöglich, alle Unterschiede zwischen *O. gigas* und *O. Lamarckiana* zu erklären durch die bloße Annahme, daß erstere die Eigenschaften der letzteren in doppelter Zahl besitzt. Denn wie kann dies zur Folge haben, daß bei *O. gigas* ein so viel größerer Prozentsatz der Individuen erst im zweiten Jahre zur Blüte gelangt als bei *O. Lamarckiana?* Wie, daß die Samen der *O. gigas* so viel leichter keimen als die der Mutterart? Wie die kleineren Früchte, die kürzeren Internodien und das Aufwachsen der Achselknospen am Stengel? Wie würde man nach dieser Hypothese erklären können, daß die Blätter der Keimpflanzen von *O. gigas* rund, doch die der *O. Lamarckiana* länglich und zugespitzt sind, während bei den Keimlingen des Bastards zwischen diesen beiden Pflanzen die Blätter die abgerundete Basis vom einen Elter haben und doch zugespitzt sind wie beim andern?

Gegen die Auffassung, daß die Unterschiede zwischen *O. gigas* und *O. Lamarckiana* erklärt werden können aus einer Verdoppelung derjenigen Erbeinheiten, welche in den Kernen der *O. Lamarckiana* vorhanden sind, habe ich dann noch folgendes hervorgehoben. GATES begegnete unter Bastarden zwischen *O. lata* und *O. gigas* einmal einem Exemplar, das 20 anstatt der erwarteten 21 Chromosomen in seinen Kernen führte[2]). Dies könnte vielleicht erklärt werden aus der Wahrnehmung GATES', daß bei der Reduktionsteilung von *O. gigas* bisweilen in der Spindel der heterotypen Teilung ein Chromosom nach der falschen Seite wandert[3]). Jedenfalls zeigt es uns, daß Bastarde, welche gewöhnlich 21 Chromosomen bei den vegetativen Teilungen aufweisen, deren bisweilen eins zu wenig haben. Betrachten wir jetzt den Bastard zwischen *O. gigas* und *O. Lamarckiana*. Dieser ist intermediär zwischen den beiden Eltern und konstant[4]). Dies stimmt mit der ursprünglichen

1) R. R. GATES. Pollen-Formation in *Oenothera gigas*. Ann. of Bot., Vol. XXV, Nr. C, Okt. 1911, S. 934.

2) R. R. GATES. The behavior of the chromosomes in *Oenothera lata* × *O. gigas*. Bot. Gaz., Vol. XLVIII, Nr. 3, Sept. 1909.

3) R. R GATES, l. c., Archiv für Zellf., Bd. 3, Heft 4, 1909.

4) HUGO DE VRIES, Bastarde von *Oenothera gigas*. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. XXVIa, Heft 10, 1908.

Auffassung GATES'. Bei *O. Lamarckiana* zählt man 14 Chromosomen, bei *O. gigas* 28, beim Bastard 21, also 7 weniger als bei *O. gigas*. Da nach GATES die doppelte Chromosomenzahl der *O. gigas* die Ursache der kräftigeren Gestalt ist, muß eine Verminderung der Anzahl Chromosomen, welche *O. gigas* mehr hat als *O. Lamarckiana*, auf die Hälfte, auch zur Folge haben, daß die Unterschiede zwischen diesen beiden Arten im Bastard zur Hälfte zurückgebracht werden. Aber wenn es nun auch Exemplare mit 20 Chromosomen gibt, müssen diese noch mehr der *O. Lamarckiana* ähnlich sein, und so würde ein Beet vom Bastard zwischen *O. Lamarckiana* und *O. gigas* keinen gleichförmigen Anblick bieten, was jedoch der Fall ist.

So kam ich also zum Schluß, daß zwar die kräftigere Gestalt von *O. gigas* im Vergleich mit *O. Lamarckiana* mit der verdoppelten Anzahl von Chromosomen zusammenhängen könnte, daß man aber nicht das Recht hat, anzunehmen, daß in den Kernen der ersteren einfach 4 Chromosomensätze vorkommen, wie deren bei *O. Lamarckiana* nur zwei anwesend sind. Jetzt können wir als weiteres Argument noch die Befunde GEERTS' an einigen Bastarden von *O. gigas* anführen. GEERTS[1]) zählte in den vegetativen Kernen eines Individuums der zweiten Generation von *O. gigas* × *O. Lamarckiana* nur 14 Chromosomen. Wie oben bemerkt wurde, ist aber *Oenothera gigas* × *O. Lamarckiana* ein konstanter intermediärer Bastard. Dieses Individuum war also den Pflanzen der ersten Generation in allen Punkten ähnlich, zeigte gleichfalls die Merkmale der *O. gigas* und führte doch in seinen Kernen 7 Chromosomen weniger. Gelegentlich einer Untersuchung von Keimwurzeln aus Samen der vierten und fünften Generation von *O. gigas* × *O. Lamarckiana* konnte ich diese Mitteilung GEERTS' bestätigen. In mehreren Kernplatten wurden die Chromosomen gezählt: immer ergab sich ihre Zahl als 14. Wenn wir jetzt noch bedenken, daß Riesenformen wie die *O. gigas* öfters im Pflanzenreich vorkommen und daß nach einer Mitteilung von GREGORY[2]) bei einer solchen Riesenform von *Primula sinensis* die Chromosomenzahl nicht verdoppelt ist, obgleich die Zellen größer sind, so ist es jetzt noch wahrscheinlicher geworden, daß wir die Unterschiede zwischen

---

1) J. M. GEERTS. Cytologische Untersuchungen einiger Bastarde von *Oenothera gigas*. Ber. d. D. Bot. Ges., Bd. XXIX, Heft 3, 1911.

2) R. P. GREGORY. Note on the Histology of the Giant and Ordinary Forms of *Primula sinensis*. Proc. Camb. Phil. Soc., XV, III, 1909.

O. gigas und *O. Lamarckiana* betrachten müssen als Folgen der nämlichen Mutation, durch welche auch die Verdoppelung der Chromosomenzahl bedingt wurde.

In meiner oben genannten Arbeit konnte ich meine Auffassung, daß *Oenothera gigas* durch das Zusammentreffen zweier mutierten 14-chromosomigen Keimzellen entstanden war, nicht beweisen. „If this were the method of origin one would also expect to find mutants occurring with 21 chromosomes", sagt GATES[1]). Diese waren aber damals nicht bekannt, und ich konnte nur darauf hinweisen, daß es nicht ausgeschlossen war, daß dergleichen Mutanten aufgetreten waren. *O. gigas* ist in Amsterdam noch zweimal wahrgenommen, im Jahre 1898 als Mutant von *O. sublinearis* und im Jahre 1899 aus *O. lata* × *hirtella*[2]). Diese beiden Exemplare waren aber steril und brachten keine Samen hervor. Es ist also fraglich, ob sie wirklich *O. gigas* waren, besonders weil in jener Zeit der Bastard zwischen *O. gigas* und *O. Lamarckiana* noch nicht von *O. gigas* unterschieden wurde. Dies geht daraus hervor, daß DE VRIES sagt[3]), *O. Lamarckiana* mit *O. gigas* gekreuzt und dabei nur *O. gigas* als Bastard erhalten zu haben. Es war also nicht unmöglich, daß die beiden betreffenden Individuen wirklich Mutanten waren, die nur 21 Chromosomen in ihren Kernen führten.

Nach mündlicher Mitteilung von Herrn Prof. DE VRIES sind nun dergleichen vermutliche „halbe Mutanten", welche natürlich die Statur des Bastards zwischen *O. Lamarckiana* und *O. gigas* haben müssen, auch später wiederholt aus rein bestäubten Samen von *O. Lamarckiana* entstanden. Im vergangenen Sommer wurde nun wieder ein solches Individuum auf einem *Lamarckiana*-Beet entdeckt. Ich benutzte die Gelegenheit, um junge Knospen zu fixieren und zwar mit einer mittelstarken FLEMMINGschen Lösung und mit Alkohol-Eisessig nach CARNOY. Letztere Fixierflüssigkeit gab mir, ebensowenig wie bei meinem *Biennis*-Material, die bei der Färbung erwünschten Resultate. Das in FLEMMING eingelegte Material gab dagegen gute Präparate. Die Färbung wurde mit Eisenhämatoxylin nach HEIDENHAIN vorgenommen. Im meristematischen Gewebe der jungen Knospen traf ich mehrere Kernplatten an. Immer ergab sich die Zahl der Chromosomen in diesen als 21. Somit ist jetzt die Tatsache festgestellt worden, das *O.*

1) R. R. GATES, l. c., Arch. f. Zellf., Bd. 3, Heft 4, 1909, S. 544.
2) Die Mutationstheorie. Bd, 1, S. 231.
3) Die Mutationstheorie. Bd. 2, S. 420.

Lamarckiana Mutanten mit 21 Chromosomen hervorzubringen imstande ist. Ich nenne diese *Oenothera Lamarckiana semigigas*. Damit ist zu gleicher Zeit bewiesen, daß *O. gigas* durch das Zusammenkommen zweier Keimzellen mit je 14 Chromosomen entstanden sein muß.

Von Wichtigkeit war es zunächst, für die *O. semigigas* den Mutationskoeffizienten zu bestimmen. Aus ihm würde sich dann der Mutationskoeffizient für *O. gigas* in einfacher Weise ableiten lassen. Offenbar ist ein Mittel dazu, große Kulturen von *O. Lamarckiana* aus durch reine Selbstbestäubung gewonnenen Samen zu züchten und die *Semigigas*-Individuen zu zählen. Aber es gibt einen andren Weg, den ich jetzt beschreiben werde.

Im zweiten Band der Mutationstheorie, S. 61, wird eine Kreuzung beschrieben zwischen *O. Lamarckiana* und *O. muricata*. Zum größten Teil sind die aus dieser Kreuzung hervorgehenden Keimlinge gelblich. Diese kommen bald zum Sterben, und nur wenige Individuen bleiben am Leben. Dasselbe ist nach mündlicher Mitteilung von Herrn Prof. DE VRIES der Fall, wenn man anstatt der *O. muricata*, *O. cruciata* Nutt. oder eine unter dem Namen *O. Millersi* nov. Sp. im Versuchsgarten von DE VRIES kultivierte Art für die Kreuzung benutzt. Ebenso wie *O. Lamarckiana* geben auch die meisten Mutanten, wie *O. rubrinervis* und *O. lata*, mit den drei genannten Arten bestäubt, hauptsächlich gelbliche, bald absterbende Keimpflanzen. *O. gigas* benimmt sich aber anders: wenn man diese Art in der genannten Weise bestäubt, bekommt man ausschließlich grüne Keimlinge. Hier hat man also ein Mittel, um den Mutationskoeffizienten von *O. semigigas* in einfacher Weise zu bestimmen. Wenn eine Eizelle der Mutterpflanze, sei sie von *O. Lamarckiana* oder *O. rubrinervis* oder *O. lata*, in *O. gigas* mutiert ist und somit die doppelte Chromosomenzahl führt, wird sie mit dem Pollen von *O. muricata* oder *O. cruciata* oder *O. Millersi* befruchtet, eine grüne Keimpflanze geben. Unter den aus den beschriebenen Kreuzungen hervorgehenden seltenen grünen Pflanzen wird man also leicht die Individuen mit 21 Chromosomen finden können. Tatsächlich unterscheiden sich unter diesen grünen Individuen vielfach Exemplare durch eine besonders kräftige, an Bastarde von *O. gigas* erinnernde Gestalt. Deshalb war es wünschenswert, sie mit einem besonderen Namen zu belegen und dafür empfiehlt sich der Name *Hero*, den DARWIN[1]) schon für durch stärkeren Wuchs ausgezeichnete Exemplare von *Ipomoea purpurea* benutzt hat.

1) CH. DARWIN, The effects of Cross- and Self- Fertilization in the Vegetable Kingdom, London, 1876.

Im vergangenen Sommer fixierte ich von zwei solchen *Hero*-Pflanzen junge Blütenknospen. Im meristematischen Gewebe zählte ich in zahlreichen Kernplatten immer 21 Chromosomen.

In diesem Jahre war das Verfahren ein etwas anderes. Acht wie *Hero*-Individuen aussehende Keimpflanzen aus Kreuzungen zwischen *O. Lamarckiana*, *O. rubrinervis* oder *O. lata* einerseits und *O. cruciata* andererseits wurden in Töpfe gestellt. Infolgedessen war es leicht, in einem etwas weiter fortgeschrittenen Stadium Wurzelspitzen zu fixieren. Das Material wurde immer in FLEMMINGsche Lösung eingelegt und die 10 μ dicken Schnitte mit Eisenhaematoxylin nach HEIDENHAIN gefärbt. Bei allen diesen *Hero*-Pflanzen ergab sich als Chromosomenzahl 21. Eine dieser Pflanzen war besonders interessant. Sie trat aus einer im Jahre 1903 von DE VRIES gemachten Kreuzung zwischen *O. Lamarckiana* und *O. cruciata* auf und zwar aus dem einzigen am Leben gebliebenen Samen. Schon das deutete auf eine kräftigere Natur hin.

Außer bei diesen zehn *Hero*-Individuen habe ich noch bei einem elften aus einer etwas abweichenden Kreuzung die Chromosomenzahl bestimmt und für dieselbe gleichfalls 21 gefunden. Es war ein *Hero*-Exemplar, das im vorigen Jahre auftrat in einer Kreuzung zwischen der *Velutina* aus *O. Lamarckiana* und *O. biennis Chicago*, und *O. Millersi*, und von dem ich Blüten-Material fixiert hatte.

Im ganzen habe ich also bei 11 *Hero*-Individuen die Chromosomenzahl 21 angetroffen. Da die *O. muricata*, *cruciata* und *Millersi* 14 Chromosomen als diploide Zahl in ihren Kernen führen, wie ich gleichfalls festgestellt habe, und in ihren Keimzellen somit nur 7 Chromosomen vorhanden sind, kann diese Zahl 21 nur durch das Auftreten von Keimzellen mit 14 Chromosomen bei *O. Lamarckiana* bzw. *O. rubrinervis* oder *O. lata* erklärt werden.

Nach mündlicher Mitteilung von Herrn Prof. DE VRIES treten unter 1000 Keimlingen in den genannten Kreuzungen etwa 3 *Hero*-Individuen auf. Daraus läßt sich schließen, daß bei *O. Lamarckiana* bzw. einigen ihrer Mutanten unter 1000 Eizellen drei 14 Chromosomen aufweisen, und, wenn man annimmt, daß dasselbe bei den Pollenkörnern der Fall ist, daß der Mutationskoeffizient von *O. semigigas* ungefähr 0,6 pCt. ist. Somit kann man unter 1 000 000 *Lamarckiana*-Pflanzen nur 9 wirkliche *Gigas*-Pflanzen erwarten, oder mit anderen Worten, der Mutationskoeffizient von *O. gigas* muß ungefähr $\frac{0.3}{100} \times \frac{0.3}{100} = \frac{0.09}{10000}$ oder 0,0009 pCt. betragen.

Fassen wir das in diesem Aufsatz Mitgeteilte zusammen, so sehen wir, daß die *Oenothera Lamarckiana* imstande ist, Keimzellen mit 14 Chromosomen zu erzeugen. Hieraus können Mutanten mit 21 Chromosomen entstehen. Ich nenne diese *O. Lamarckiana semigigas*. Der Mutationskoeffizient dieser Mutanten beträgt ungefähr 0,6 pCt. Es ergibt sich daraus eine Methode, den Mutationskoeffizienten von *O. gigas* selbst zu berechnen. Denn nimmt man an, daß diese durch das Zusammentreffen zweier Keimzellen mit je 14 Chromosomen entstanden ist, so muß ihr Mutationskoeffizient das Quadrat von 0,3 pCt. und somit 0,0009 pCt. betragen.

---

52. Jaroslav Peklo: Über symbiotische Bakterien der Aphiden.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 25. Juli 1912.)

In der letzten Zeit ist eine Reihe von Arbeiten erschienen, durch welche zahlreiche Fälle von der Symbiose zwischen Insekten und verschiedenen Mikroorganismen festgestellt worden sind (vgl. z. B. ŠULC, PIERANTONI und die Zusammenstellung von P. BUCHNER 1912). Die betreffenden Insekten gehören größtenteils zu den Homopteren, es sind Aphiden, Cocciden, Psylliden, Cicaden; ihnen schließen sich Blattiden, einige Ameisen und von Käfern Anobium paniceum an. Bei den Blattiden sind es Bakterien, die in die symbiotischen Beziehungen zu ihren Wirtstieren eintreten; die Symbionten von den übrigen Gruppen werden meistens als Hefen beschrieben. Ihre Wohnstätten im Körper der Insekten sind die Hämolymphe, das Fettgewebe und eigentümliche Zellen, die als Mycetom oder Mycetocyten bezeichnet werden. Die letztgenannten Gebilde stellen Gruppen von Zellen vor, welche schon in der Embryogenie der betreffenden Arten von anderen Geweben sich scharf unterscheiden lassen und dicht von Zellen der Mikroben angefüllt sind. Sie täuschen mit ihren Ansiedlern ein so einheitliches Ganzes vor, daß sie eine lange Zeit von Zoologen für ganz bestimmte Organe der Insekten gehalten wurden, analog z. B. dem Herzen, dem Darm usw., und Pseudovitellus, sekundärer Dotter

genannt wurden. In der Tat erschienen sie in einigen Fällen von einem Kranz von Glykogen speichernden Zellen umgeben, werden oft auf eine sehr sonderbare Weise von einem Tracheenbüschel begleitet, so daß sie den Eindruck von einem recht spezifischen Organ machen können. Erst in der letzten Zeit ist es ŠULC und PIERANTONI gleichzeitig gelungen, ihre körnchenartigen Einschlüsse als Kolonien von endophytischen, hefeartigen Mikroorganismen zu enträtseln. Einige von diesen symbiotischen Mikroben sollen auch schon in Reinkulturen vorliegen, über ihre vermutliche Funktion und die Bedeutung für das Insekt sind wir aber noch im unklaren

Der Referent hat unlängst (PEKLO, Die Assimilation des Luftstickstoffs in Schwarzwäldern, Biologische Blätter 1912, böhm.) einen Teil seiner Studien über epiphytische Mykorrhizen der Fichte abgeschlossen. Er hat diese Gebilde in sehr großen, unerwarteten Mengen in Fichtenwäldern vorgefunden. Es ist ihm geglückt, einige von ihren Pilzen zu isolieren; diese haben, in den speziellen Kulturen darauf geprüft, die Fähigkeit erwiesen, elementaren Stickstoff zu assimilieren. Die von den Mykorrhizen hergestellten Schnittserien haben endlich gezeigt, daß der Pilz in den Geweben der Wirtspflanze in einem ausgedehnten Maße auch endophytisch und zwar typisch und regelmäßig vorkommt, und daß er daselbst auch einer weitgehenden Verdauung unterliegt. Die ektotrophen Charaktere treten sogar bei den Fichtenmykorrhizen oft in den Hintergrund, ihr Hauptcharakter liegt in dem Endophytismus, und ihre sehr wahrscheinliche Bedeutung in der Bindung des Luftstickstoffs, welche Naturerscheinung demgemäß eine noch weitere Verbreitung besitzen dürfte als dies bis jetzt angenommen wird.

Der Gedanke lag nun nahe, auch bei der genannten Symbiose der Aphiden, bei welchen eben die den Hefen ähnlichen Komponenten typisch im Plasma eingeschlossen liegen — den Bakterien in den Leguminosenknöllchen ähnlich — und wo also auch ein typischer Fall von der Endobiontie vorkommt, nach ähnlichen Beziehungen zu suchen. Die Idee war um so mehr bestechend, als die Aphiden bekanntlich Insekten sind, deren Vermehrung erstaunlich ist und deren Vertreter sich von zuckerreichen Säften ernähren, welche größtenteils — wie dies z. B. bei Blattläusen des Honigtaus der Fall ist — von schon älteren Blättern herrühren; solche Blätter sind da imstande, hauptsächlich nur die durch die Kohlensäureassimilation gewonnenen Kohlenhydrate ihnen zu liefern. Seitens des Herrn Prof. NĚMEC wurde nun der Referent

darauf aufmerksam gemacht, daß im Körper der Aphiden, welche auf *Acer platanoides* den bekannten Honigtau verursachen, eine Menge Stäbchenbakterien vorzukommen pflegt. Der Fall wurde seinerzeit (1889, 1890) von KRASSILSCHTSCHIK näher verfolgt, der Referent kann seine Angaben nur bestätigen. Die Bakterien erscheinen regelmäßig in einem Teil des Magens, dem sog. Chylusmagen. Sie ließen sich ziemlich leicht isolieren, als der Referent für das Nährmedium verdünnte Bouillon mit 6proz. Saccharose gewählt hatte. (Rohrzucker wurde aus dem Grunde genommen, weil in den Ahornblättern, an deren Oberfläche der Honigtau sich bildet, diese Zuckerart in einer großen Menge angehäuft wird. Vgl. VON RAUMER, Über die Zusammensetzung des Honigtaus und über den Einfluß an Honigtau reicher Sommer auf die Beschaffenheit des Bienenhonigs. Zeitschrift für analytische Chemie 1891, 33, S. 398.) Als ein verläßliches Mittel zur Identifizierung der Spezies haben sich charakteristische „Involutionsformen" bewährt, die sowohl in älteren Blattläusen als auch in Reinkulturen in großen Mengen erscheinen.

Bei dieser Gelegenheit wurde es auch versucht, den Mycetom-„Pilz" zu isolieren. Es gelang dies mit Hilfe von derselben Flüssigkeit, als in ihr je eine jüngere, mit der Flamme abgesengte Aphide mit einem sterilisierten Glasstab zerdrückt wurde. Nach 3 Tagen hat sich in zwei Kölbchen ein Bodensatz gebildet, und als aus einem von demselben ein Teil des Impfstückes mit einer Kapillare aufgefischt wurde, hat es sich unter dem Mikroskope mit aller Klarheit gezeigt, daß aus den Mycetocyten die Endosymbionten herausgesproßt waren.

Es sind ziemlich kleine, kreisrunde, manchmal aber vielkantige Kügelchen, welche, mit einer dünnen Membran versehen, im Plasma der Mycetocyten liegen (BUCHNER, S. 58, Tafel I). Und auch in der Kultur erschienen sie in der Form von runden, in größeren Kolonien vielkantigen Gebilden, welche sich durch Einschnürung teilten und große Mono-, Diplo- und Streptokokken bildeten. Durch Zwei- und Vierteilung entstanden öfters auch Sproßverbände. Auf dem mit Bouillon und Saccharose hergestellten Agar wachsen sie schnell und üppig als typische Bakterien und zeigen sich mit einer Gallertscheide umgeben. Ihre Strukturen, sowie einige Merkmale, die in den Reinkulturen aufgetreten sind, machen es sehr verdächtig, ob sie nicht zum Genus *Azotobacter* gehören. Das dürfte selbstverständlich nur zur Erhärtung der geäußerten Meinung, wonach der Sinn von dieser Insektensymbiose in der Assimilation des elementaren Luftstickstoffs zu

suchen wäre, beitragen, denn es ist von den *Azotobacter*-Arten nur ein *Azotob. Woodstownii* bekannt, an dem die Befähigung zur Stickstoffbindung vermißt wurde[1]).

Was für eine Verbreitung diesem Bakterium bei den Aphiden zukommt, hat der Referent nicht näher untersucht. Außer in der gelblichgrünen *Aphis*-Art, welche er auf dem *Acer platanoides* gefunden hat, hat er eine ganz ähnliche Form auch bei *Schizoneura lanuginosa* gesehen. In Eiern von demselben Insekt wurden außerdem an dem Bakterium charakteristische Formveränderungen, die an die Verschrumpfung oder überhaupt an die Degenerationserscheinungen erinnerten, gesehen. A priori darf übrigens kaum auch den anderen, den Hefen ähnlichen Endosymbionten der Homopteren die Befähigung zur Bindung des Luftstickstoffs abgesprochen werden, hat doch unlängst u. a. ZIKES und KOSSOWICZ (Zeitschrift für Gärungsphysiologie, 1912, S. 252) für mehrere Saccharomyceten und Schimmelpilze, welche durch hefeartige Aussprossungen sich vermehren, dieselbe Fähigkeit festgestellt.

Prag, Pflanzenphysiologisches Institut der k. k. böhm. Universität.

---

1) Andererseits dürfte auch ein wie Mikrokokkus aussehendes Bakterium, welches in großen Mengen zwischen den Zellen der Kolonien von *Polycystis aeruginosa* vorkommt, eine kleine *Azotobacter*-Art vorstellen. Der Verfasser hat ihn auf die Weise von der Alge getrennt, daß er ihm als Kohlenstoffquelle in stickstoffarmen Medien Glykogen dargeboten hat. Im Jahre 1911, welches für die Entwicklung der bekannten Wasserblüte so günstig war, hat übrigens der Referent mit BEIJERINCKs Nährlösung *Azotobacter*-Kulturen auch von *Aphanizomenon flos aquae* und *Anabaena* spez. bekommen, es scheint folglich *Azotobacter* bei dem Zustandekommen des Süßwasserplanktons eine allgemeinere Rolle zu spielen.

53. H. Harms: Über eine bemerkenswerte Form von Vigna sinensis.

(Mit 1 Abbildung im Text.)

(Eingegangen am 26. Juli 1912.)

Der Forschungsreisende Dr. LEO FROBENIUS sammelte in Bautschi (oder Bauchi, Englisch-Nord-Nigerien, Provinz Montoll) im vergangenen Jahre eigenartige kleine weiß und braun gestreifte Bohnen. Sie gehörten zu einer großen Sendung von Früchten und Sämereien, die er Herrn Prof. Dr. G. SCHWEINFURTH geschickt hatte; einen wesentlichen Teil dieser Sendung bildeten u. a. eine größere Anzahl Sorten der bekannten in den Tropen und Subtropen der alten wie der neuen Welt viel kultivierten Bohnen-Art *Vigna sinensis* (L.) Endl.[1]). Die genannten eigentümlichen Bohnen gehören nach ihrer Gestalt und insbesondere nach der Form ihres lanzettlichen oder birnförmigen Nabels (Hilum), der am Micropylende des Samens breiter ist und sich nach dem Chalaza-Ende allmählich verschmälert, zweifellos zu der ungemein formenreichen *V. sinensis*, und zwar, wenn wir die Dreiteilung des großen Formenkreises bei PIPER berücksichtigen, offenbar zu den von ihm unter *V. unguiculata* (L.) Walp. zusammengefaßten Formenreihen. Sie weichen nun von allen bekannten Sorten in so auffälliger Weise ab, daß es sich wohl lohnt, sie besonders zu beschreiben. Während nämlich bei allen andern Sorten die Samenschale eine ringsum geschlossene, je nach der Sorte bald dickere, bald dünnere Haut bildet, die den Embryo völlig einhüllt, ist sie im vorliegenden Falle durch unregelmäßig verlaufende Transversal-

1) C. V. PIPER (Agricult. Varieties of the Cowpea, U. S. Departm. Agricult. Bur. of Plant Industry, Bull Nr. 229, 1912) hat die zahlreichen Sorten dieser Art eingehend beschrieben; er kennt über 300. Ich halte es nicht für zweckmäßig, drei nahe verwandte Arten (*V. sesquipedalis*, *V. catjang* und *V. unguiculata*) zu unterscheiden, wie es PIPER tut; möchte vielmehr alle Formen zu einer großen variabeln Art rechnen, die ich zunächst *V. sinensis* (L.) Endl. nenne. Nach PIPER (l. c. 143) soll sich der für diese Art in neuerer Zeit und auch zunächst von ihm selbst angewandte Name *V. unguiculata* Walp. (gegründet auf *Dolichos unguiculatus* L. 1753) auf *Phaseolus antillanus* Urb. beziehen, eine Identification, deren Richtigkeit ich nicht beurteilen kann. Die Grundlage für *Vigna sinensis* ist *Dolichos sinensis* L. Cent. pl. II. (1756) 28, Amoen. acad. IV. (1760) 326; und LINNÉs Beschreibung geht zurück auf RUMPHIUS, Herb. amb. V. 371 t. 134. Sollte sich *Dolichos unguiculatus* L. etwa doch auf *Vigna sinensis* beziehen, so müßte aus Prioritätsgründen *Vigna unguiculata* (L.) Walp. gelten.

spalten in ein netzartiges Gebilde verwandelt, dessen Maschen die nackten Keimblätter hervortreten lassen. Der Keim liegt in einem Netze von schmäleren oder breiteren gelegentlich durch kurze Anastomosen verbundenen Streifen, die an der Bauchseite, wo der Nabel liegt, zusammenschließen und sich auch auf der Rückenseite des Samens größtenteils wieder vereinigen. Die Spalten der Testa liegen also hauptsächlich auf den Flanken des Samens. Nicht selten bemerken wir, daß die Spalten noch ganz oder teilweise mit einer dünnen hellbräunlichen Haut überzogen sind; dieses bemerkt man besonders an der Nabelseite. Dieses dünne Häutchen kleidet auch bisweilen noch den Rand der Spalten aus. Bei größerer Breite der Spalten ist es zerrissen und die helle Oberfläche der Keimblätter liegt frei zutage. Die Netzstreifen zeigen nicht selten feine grubige Vertiefungen; am Rande sind sie oft ein wenig eingebogen. Da die Samenschale hellbraun oder dunkelbraun ist und sich diese Farbe von den hellen weißlichen Keimblättern stark abhebt, so gewähren diese gestreiften Samen einen sehr hübschen Anblick, der an ein Kunstprodukt erinnert; ja man wäre versucht, an einen künstlichen Eingriff zu denken, der diese Spalten in der Schale verursacht hat, indessen läßt sich die Möglichkeit eines solchen nicht ausdenken. Die Breite der braunen Streifen ist sehr verschieden. Bei einigen Samen finden wir nur wenige breite Streifen (von etwa 1—2 mm Breite), bei anderen sind sie fein und zahlreich und anastomosieren dann häufiger. Am Micropylende ist oft ein breiterer Sattel der Testa erhalten, der das darunter liegende Würzelchen schützend überdeckt. Die Bohnen sind mittelgroß, 8—10 mm lang, 6—8 mm breit, 5—6 mm dick Sie sind breit länglich, abgerundet rhombisch, trapezoidisch oder fast rechteckig mit gerundeten oder abgestutzten Enden; die Bauchlinie ist fast gerade, die Rückenlinie oft ebenfalls oder wenig gewölbt. Die Farbe der Samenschale ist, wie erwähnt, hellbraun oder dunkelbraun; bei einigen wenigen Samen ist sie heller und dunkler braun gefleckt. Bohnen von ähnlicher brauner Farbe der Testa sind im Formenkreise der *Vigna sinensis* nicht selten. Der Nabel liegt, wie es die Regel für diese Art ist, dem Chalaza-Ende genähert. Er ist von einem hellgelblichen bräunlichen oder grünlichen, schmalen Hofe umgeben, der sich an den dunkelbraunen Samen durch hellere Farbe abhebt. Die Micropyle ist als ganz feiner Stich dicht am breiteren Ende des Nabels wahrzunehmen.

Wir kennen die Hülsen dieser Sorte nicht. Einige Samen wurden im Bot. Garten zu Dahlem ausgesäet und entwickelten gute Keimpflänzchen. Das teilweise Entblößen der Keimblätter hat also die Keimkraft nicht zerstört. Ohne Beobachtung der

Entwickelung ist es nicht möglich, anzugeben, in welcher Weise die Spalten in der Schale entstehen. Ich vermute, daß hier schon frühzeitig die äußeren Schichten der Testa, insbesondere die oberste Schicht, die aus stark verdickten Palissadenzellen[1]) besteht, sich an kleineren oder größeren bestimmt umschriebenen Stellen mangelhaft oder gar nicht ausbildet; an solchen Stellen sind aber die inneren Schichten, die aus lockerem dünnerem Gewebe bestehen, zunächst noch erhalten, wie es einzelne Samen besonders auf der Nabelseite zeigen. Später reißen diese Stellen der Testa, durch das Wachstum des Keimes platzend, auf, und die Oberfläche des Keimblattes wird bloßgelegt, während die derberen Streifen der Testa, die der stark verdickten Außenschicht nicht entbehren, als

Vigna sinensis forma *schizochroa*. Same, 1. von der Bauchseite, 2. von den Flanken, 3. vom Rücken gesehen, 4. im Längsschnitt. Vergr. 3/1.

Netzwerk erhalten bleiben. Es ist mir nicht bekannt, daß bei andern kultivierten *Phaseolus*- oder *Vigna*-Arten ähnliche Sorten wie die eben beschriebene vorkommen. Die zebraartige Streifung mancher Sorten von *Phaseolus lunatus* L., an die man hier denken könnte, ist ganz anderer Natur, denn sie sitzt in der Samenschale.

Diese von FROBENIUS gesammelte Bohnensorte mit gespaltener Samenschale ist so eigenartig, daß sie einen besonderen Namen verdient; sie heiße nach einem Vorschlage von Herrn Geh.-Rat ASCHERSON **forma schizochroa.**

1) Die äußerste Schicht besteht wie bei vielen andern Leguminosen-Samen aus stark verdickten Palissadenzellen, darunter liegt eine Schicht dünnwandiger Sanduhrzellen (wie sie HARZ, Landwirtschaftl. Samenkunde (1885) 735 nennt; Säulenschicht nach G. HABERLANDT in Sitzber. Akad. Wien LXXV. (1877) I. 11); dann folgen einige Schichten dünnwandigen Parenchyms. Das Bild des Querschnitts der Testa bei HABERLANDT (l. c. Taf. II Fig. 14), das nach ihm *Dolichos monachalis* Brot. darstellt, wird sich mit ziemlicher Sicherheit auf eine Form von *Vigna sinensis* beziehen, da *D. monachalis* Brot. ein Synonym letzterer Art ist und zwar eine der häufigen Sorten mit weißen schwarzäugigen Samen darstellt (nach PIPER, l. c. 11).

In derselben Bohnensammlung von Herrn Dr. LEO FROBENIUS findet sich noch eine andre bemerkenswerte Sorte derselben Art *Vigna sinensis*, die ein nicht unwichtiges Fasermaterial liefert. Eine faserliefernde Sorte (forma *textilis*) wurde zuerst von Togo bekannt, wo sie der um die botanische Erforschung der Kolonie so verdiente Dr. KERSTING auffand. Über diese Sorte berichtet G. VOLKENS im Notizbl. Bot. Gart. Berlin Appendix Nr. XXII. 2. (1909) 56. Diese Sorte scheint nur im Bezirke Sokodé-Basari gezogen zu werden; die Faser ist nach VOLKENS sehr fest. Nicht die ganze Pflanze, die 1—2 m weit am Boden hinkriecht, liefert sie, sondern nur die bis armlang (50—80 cm) werdenden blattlosen Schäfte, an denen die Blüten und Früchte sitzen, also die Infloreszenzstiele. Diese Bohnensorte ist nach KERSTING nicht eßbar, und wird nur wegen der Faser von den Eingeborenen kultiviert, die daraus u. a. Bogensehnen machen. Übrigens soll *Vigna sinensis* auch in Amerika gelegentlich der Fasergewinnung dienen (DODGE, Fiber plants, U. S. Departm. Agric. Bull. Nr. 9 (1897) 325 unter *Vigna catjang*), und K. BRAUN berichtet ähnliches von Indien (Pflanzer VII, Heft 11, (1911) 664). Diese faserliefernde Sorte wurde jüngst von Oberleutnant GAISSER wiederum aus Togo mitgebracht (Sokodè-Basari). — Die Hülsen von KERSTINGs Exemplar (N. 192, 1905) sind schmal, gerade oder sehr wenig gekrümmt, 11—13 cm lang, 6—7 mm breit, hellgelblich oder hell lehmfarben. Die Samen sind klein, abgerundet rhombisch oder trapezoidisch bis fast rechteckig, nur 5—6 mm lang, 4—4,5 mm breit, schwarz mit hellem Nabel. GAISSERs Faserbohne stimmt damit ziemlich überein; die Hülsen sind schmutziggrau oder bräunlich, auch hier sind die Samen schwarz, oft nahezu rechteckig, 6—7 mm lang, 4—5 mm breit. Derselbe hat aber außerdem noch eine Faserbohne mit ganz ähnlichen schmalen hellfarbigen feingestrichelten Hülsen gesammelt, die weißliche, rötliche oder rötlichschwarze Bohnen enthalten.

Nun hat auch Herr Dr. FROBENIUS Hülsen und Samen einer *Vigna sinensis* geschickt, von der er angibt, daß sie nur als Bast verwendet werde. Das Material stammt aus Ibi am Benue in Nord-Nigerien; die Bohne heißt: „Djukum soatschiki“, Taubenbohne; außerdem werden folgende Namen vermerkt: okwere (Joruba), bini (Nupe), hahua (Haussa). Diese Form ist der oben genannten Togo-Form ähnlich, doch ist die Farbe der Samen eine andere. Die hellgelblichen oder strohfarbenen Hülsen sind 10—16 cm lang, gerade oder fast gerade, fast drehrund, 5—6 mm dick. Die Bohnen sind rhombisch bis fast rechteckig oder trapezoidisch, 5—7 mm lang, 4—5 mm breit; die Größe ist also ungefähr dieselbe wie bei

KERSTINGs Faserbohne. Jedoch sind die Bohnen eigenartig marmoriert. Die Grundfarbe ist rötlichbraun bis fleischrötlich oder grau; dieser sind zahllose feine schwarze Pünktchen in unregelmäßiger Verteilung aufgesetzt, so daß die Oberfläche grau gewölkt aussieht. Außerdem aber findet man zerstreute oder dichter stehende größere schwarze Flecke, die gelegentlich zu Bändern zusammentreten, ja bei einigen Samen herrscht die schwarze Farbe so sehr vor, daß nur noch einige rötlichgelbe oder graue Flecke dazwischen zu sehen sind. — Offenbar handelt es sich stets um dieselbe faserliefernde Sorte, die bald mit schwarzen, bald mit hellfarbigen, bald mit marmorierten Samen auftritt.

Was nun die übrigen, von Herrn Dr. LEO FROBENIUS aus Nigerien und Nord-Kamerun mitgebrachten Sorten anbetrifft, so lassen sie sich den Samen nach in 2 Kategorien sondern, nämlich einfarbige (oder gelegentlich marmorierte), und solche mit weißlicher Grundfarbe, der braune oder dunkelviolette Töne in Flecken, Streifen oder Bändern aufgesetzt sind[1]).

I. Einfarbige Samen (dazwischen gelegentlich einige marmorierte Samen).

1. Samenprobe Nr. 5 aus Nord-Nigerien (Ibi am Benue). Als einh. Namen werden angegeben: Montol: imba; Nupe: erumonoji; Haussa: woake; Joruba: eri. Samen breit trapezoidisch, meist deutlich gekielt, 8—9 mm lang, 7—8 mm breit, 5—6 mm dick, eine der kleineren Sorten unter den von FROBENIUS gesammelten. Nabel hell; Samenschale glatt, einförmig rötlichbraun oder weinrötlich. — Die Hülsen sind fast gerade oder oft etwas gebogen, 15—21 cm lang (im ausgestreckten Zustande), 9—10 mm breit, graugelb mit meist deutlichem violettem Anflug. Ähnlich gefärbte Hülsen und Samen hatten wir durch Dr. K. BRAUN aus Ostafrika (Amani) unter der Bezeichnung *ferruginea* „Hülsen schwarzpurpurn" erhalten (l. c. 645).

2. Samenprobe Nr. 43 aus Tschamba (am Flusse Faro, südwestlich von Garua) in Deutsch-Adamaua. Samen trapezoidisch oder fast rechteckig, 9—11 mm lang, 7—9 mm breit, 5—7 mm dick. Nabel hell. Samenschale glatt, glänzend, fest, einförmig heller oder dunkler kastanienbraun. Dazwischen einige heller und dunkler braun marmorierte Bohnen.

1) K. BRAUN, Die Kunde-Bohne in Deutsch-Ost-Afrika (in Pflanzer VII. (1911) 645) betont, daß die Farbe der Samen mit dem Alter wechsele; nach ihm sind manche Sorten anfangs sahnefarbig und nehmen erst nach einiger Zeit eine charakteristische dunklere Farbe an.

Eine sehr ähnliche Sorte hat A. CHEVALIER in Franz.-Sudan (Gebiet Mossi, Ouagadougou, August 1910) gesammelt; die kleine Probe zeigt braune oder rötlichbraune Samen mit dunkleren Flecken und Streifen.

FROBENIUS Nr. 43 gliedert sich wohl an K. BRAUNs „kastanienbraune Bohne", Form *badia* (l. c. 646) an, indessen sind die Bohnen aus Amani erheblich kleiner (nur 6—7 mm lang).

II. Grundfarbe weißlich; die andre Farbe (braun oder dunkelviolett) in Streifen, Flecken oder Bändern. Die hierher gehörigen Sorten haben eine dünne, oft querrunzelige Schale[1]).

a) Nur ein mehr oder minder breiter farbiger (fast schwarzer oder brauner) Augenfleck; Schale sonst weißlich.

3. Samenprobe Nr. 3 aus Nord-Nigerien (Ibi am Benue); einh. Namen: Montol: imbia; Haussa: jawoa; Nupe: bini; Joruba: okun eli-e. Diese Sorte ist in der Färbung nicht einheitlich. In vielen Hülsen (hellgelblich oder strohfarben, fast gerade oder wenig gekrümmt, 11—15 cm lang, 7—8 mm breit) finden wir weiße Samen (abgerundet rhombisch oder trapezoidisch, 8—9 mm lang, 6—7 mm breit) mit schmalem nach der Micropylseite verbreitertem braunem oder schwarzbraunem Augenfleck, der schwärzliche Pünktchen zeigt, die um den Nabel herum zu schwarzer Farbe zusammenfließen; die braune Farbe setzt sich bisweilen noch in Form feiner Pünktchen über das Micropylende fort. Andere Hülsen zeigen Samen von ähnlicher Größe, mit schwarz umrandetem Nabel und brauner Testa, die sehr feine schwärzliche Punktierung und Strichelung zeigt. Noch andre Hülsen besitzen einförmig hellbräunliche Samen. Vielleicht ist die Sorte nicht einheitlich.

4. *Vigna sinensis nigro-ocellata* K. Braun in Pflanzer VII (1911) 648. In die Gruppe gehört Samenprobe Nr. 13 aus Tschamba in Deutsch-Adamaua. Samen breit nierenförmig bis trapezoidisch oder fast rechteckig oder fast quadratisch; Nabel oft etwas eingesenkt. Die Bohnen sind fast weiß, mit mehr oder weniger großem schwarzem Augenfleck. Die Färbung ist kein ausgesprochenes Schwarz[2]), sondern ein tief gesättigtes Violett oder Braunviolett, mit dem die Palissadenschicht gefärbt ist. Die Samenschale ist sehr dünn und feinrunzelig. Länge 8—10 mm, oft ebenso breit wie lang oder nur wenig schmäler, 6—8 mm dick. Rücken oft etwas gekielt. — Die schwarzäugigen Bohnen sind eine der häufigsten

1) PIPER (l. c. 23): „The seed coat is usually smooth, but often transversely and finely wrinkled, especially in white or nearly white seeds."

2) PIPER (l. c. 22) sagt: „Black in all cowpeas is really very dark violet."

Sorten. BRAUN zählt mehrere Formen auf. Die vorliegende Sorte ist ziemlich großsamig, während andere Sorten derselben Augenform aus kleineren Bohnen bestehen. PIPER (l. c. 11) sowohl wie K. BRAUN rechnen die Synonyme *Dolichos monachalis* Brot. und *D. melanophthalmus* DC. hierher. Die von FROBENIUS gesammelte Form kommt „Ram's Horn Black-Eye" (abgebildet bei PIPER, plate V, ser. 13) offenbar recht nahe.

HARZ (l. c. 735) beschreibt schwarzäugige Bohnen von *D. monachalis* von 8—14 mm Länge, 6—7 mm Höhe, 5—7 mm Dicke; das sind also recht ansehnliche Maße, die obige Maße bei den Bohnen von FROBENIUS sogar noch übertreffen. Dagegen sind ähnliche Sorten aus Togo (HAERINGs ssonà kucholemá) kleiner (9—10 mm lang, 7—8 mm breit) und die von K. BRAUN aus Amani beschriebenen Bohnen der Form *nigro-ocellata* gar nur 6 bis 7 mm lang.

5. Samenprobe Nr. 42 aus Nord-Nigerien (Ibi am Benue). Die Sorte zeichnet sich durch die spiralig gewundenen Hülsen aus. Ihre Farbe ist hellgelblich oder sahnefarbig. Die Samen sind 8—9 mm lang, 7 mm breit, weiß, mit etwas runzeliger Schale und schmalem dunkelbraunem bis fast schwarzem Augenfleck. — Spiralig gewundene Hülsen gibt es bei *Vigna sinensis* mehrfach (vgl. PIPER, l. c. plate VII).

b) Breiter Augenfleck am Nabel oder farbiger Sattel auf der Bauchseite; außerdem verschiedenartige farbige Streifen oder Flecke auf den Flanken und dem Rücken.

α) Farbenflecke braun.

Die Grundfarbe weiß herrscht noch vor bei der folgenden Sorte:

6. Samenprobe Nr. 46 aus Tschamba in Deutsch-Adamaua. Samen schief rhombisch oder trapezoidisch oder fast rechteckig bis fast quadratisch, 10—11 mm lang, oft fast ebenso breit oder etwas schmäler, 8—10 mm breit, 6—8 mm dick. Diese Sorte zeigt denselben Typus der Färbung wie Nr. 44, nur mit dem Unterschiede, daß hier statt des Dunkelvioletts auf hellerem Grunde ein helles Braun vorhanden ist. Der Nabel ist von einem mehr oder minder breiten hellbraunen Sattel umgeben. Dieselbe Farbe zeigt sich auf den Flanken in bogig verlaufenden kontinuierlichen oder oft unterbrochenen Streifen und zahlreichen großen nnd kleinen Flecken. — Dieser Sorte kommt in der Färbung sehr nahe eine aus Togo (Mangu 1911) von Oberleutnant HAERING geschickte Bohne mit weißlicher Grundfarbe, breitem rötlichbraunem Augenfleck und ebensolchen, oft in Längsrichtung verlaufenden Streifen und Flecken. Die Farbe ist mehr rötlichbraun, die Bohne ist etaws kleiner, 7,5—9 mm lang, 7—8 mm breit.

Braun herrscht vor bei:

7. Samenprobe Nr. 8 aus Nord-Nigerien (Ibi am Benue). Samen länglich bis fast rechteckig oder kurz und breit nierenförmig oder trapezoidisch, 9—11 mm lang, 8—9 mm breit, 6—7 mm dick, auf dem Rücken nicht oder schwach gekielt. Nabel hell, von ganz schmalem dunkelbraunem Saum umgeben. Mehr oder minder breiter hellbrauner Augenfleck. Rücken und Flanken bis über die Mitte hinauf ebenfalls hellbraun; dann nach der Bauchseite zu auf den Flanken ein weißer Streifen von wechselnder Breite, der von der Bauchseite eine den braunen Augenfleck ringförmig umschließende oder oft an dem Micropylende durch einen braunen Verbindungsstreifen unterbrochene Zone bildet. Der weiße Streifen ist gegen die braune Farbe nicht scharf abgesetzt; wir finden vielmehr, daß nach der Bauchseite zu sich die braune Farbe teilweise in Flecke auflöst. Sehr oft wird zwischen dem braunen Augenfleck und dem Braun des Rückens eine schmale braune kontinuierliche oder unterbrochene Verbindungslinie hergestellt, die auf der Micropylseite den weißen Streifen überbrückt. Die Schale ist dünn, oft querrunzelig.

Die Hülsen sind gerade oder wenig gebogen, helllehmfarben oder gelblich, oft mit winzigen strichförmigen Flecken, 14—16 cm lang, 9—11 mm breit.

Eine Bohne aus Togo erinnert etwas an vorstehende, sie ist jedoch relativ schmäler, mehr länglich bis länglich-rechteckig, 8 bis 11 mm lang, 7—8 mm breit; Schale weißlich oder bräunlichweiß, brauner Augenfleck und oft brauner Streifen auf der Micropylseite, der sich in verwaschener Form über den Rücken und auch etwas über den oberen Teil der Flanken ausbreitet.

β) Farbenflecke dunkelviolett oder braunviolett bis fast schwarz.

Farbe nur in schmalen Flecken oder Streifen bei:

8. Samenprobe Nr. 45 aus Tschamba in Deutsch-Adamaua. Samen breit nierenförmig, 10—11 mm lang, 9—10 mm breit, 6 bis 7 mm dick. Grundfarbe weißlich. Der helle Nabel von breitem dunkelbraunviolettem bis fast schwarzem Augenfleck umgeben. Bogenförmige, continuierliche oder unterbrochene meist schmale Streifen oder längsgestreckte Flecke von braunvioletter Farbe auf den Flanken und dem Rücken. Schale dünn, fein querrunzelig.

Farbe in breiteren Flecken oder Streifen:

9. Samenprobe Nr. 9 aus Nord-Nigerien (Ibi am Benue). Samen trapezoidisch, breit nierenförmig bis fast quadratisch, 9—11 mm lang, 8—10 mm breit, 5—7 mm dick. Nabel hell, von ± breitem

dunkelviolettem bis fast schwarzem Augenfleck umgeben, dann auf den Flanken eine weißliche Zone, die das Chalazaende breit umfaßt und nach dem Micropylende schmäler wird und durch einen von dem Augenfleck ausgehenden dunklen Streifen durchbrochen wird. Dieser Streifen verbindet den Augenfleck mit dem Rücken, der bis auf die Mitte der Flanken hinauf oder nicht ganz so weit mit dunkelvioletter, vielfach durch weiße Fleckchen unterbrochener Farbe bedeckt ist. Samenschale dünn, oft fein querrunzelig. Die Färbungsweise erinnert an die von Nr. 8 nämlich darin, daß ein breiter weißer Streifen das Chalazaende bis auf die Flanken hinauf umgibt. Nur ist dieser Streifen hier breiter, und die dunkle Farbe ist nicht braun, sondern dunkelviolett. — Die Hülsen ähneln denen von Nr. 8; sie sind hellgelblich oder helllehmfarben, fast gerade oder bisweilen schwach S-förmig gebogen, 15—17 cm lang, 10—12 mm breit. — Eine von Oberleutnant HAERING aus Togo (Mangu) geschickte schwarzgefleckte schwarzäugige Bohne ist obiger ähnlich, doch etwas kleiner und mit geringerer Zahl von schwarzen Flecken auf dem Rücken und den Flanken. Die Flecke sehen aus, als seien sie mit Tinte aufgespritzt; ihre Farbe ist fast tiefschwarz.

10. Samenprobe Nr. 44 aus Tschamba in Deutsch-Adamaua ist eine kurze breite dicke, fast nierenförmige, schief rhombische bis rechteckige Bohne von 9—11 mm Länge, 8—9 mm Breite, 6 bis 7 mm Dicke. Rücken meist deutlich gekielt. Nabel nicht selten etwas eingesenkt, hell, weißlich, umgeben von breitem schwarzviolettem Sattel, der fast die ganze Bauchseite einnimmt; im übrigen ist der helle, oft in Schmutzigviolett übergehende Grundton der Samenschale durch feine schwarzviolette Punkte belebt, die oft zu bogenförmigen durchlaufenden oder unterbrochenen, schmäleren oder breiteren Längsbinden oder auch nur zu breiteren Flecken zusammenfließen. Die weißliche Grundfarbe tritt bei dieser Sorte sehr zurück.

Wenn wir unter Beiseitelassung der Faserbohne die hier beschriebenen Sorten aus Nigerien und Kamerun, die vielfach eine hübsche Zeichnung aufweisen, mit Sorten aus anderen Gegenden Afrikas vergleichen, z. B. mit den durch Dr. K. BRAUN jetzt so gut beschriebenen Sorten Ostafrikas, so fällt uns die bedeutende Größe der Bohne an dem Material von FROBENIUS in die Augen. Vielleicht deutet dies auf eine längere auswählende Kultur in jenen Gebieten, die die Tendenz hatte, großsamige Formen heranzuziehen.

Sitzung vom 25. Oktober 1912.

Vorsitzender: Herr G. HABERLANDT.

Der Vorsitzende begrüßt zunächst unser korrespondierendes Mitglied Professor TRELEASE aus St. Louis und macht Mitteilung von dem Ableben zweier unserer ordentlichen Mitglieder, der Herren

Dr. **Hermann** Graf **zu Luxburg**, verstorben in Stettin am 26. V. 1912, und

Gustav Herpell, verstorben in St. Goar am 22. VII. 1912.

Die Anwesenden ehren das Andenken an die Verstorbenen in der üblichen Weise durch Erheben von ihren Sitzen.

Als ordentliche Mitglieder werden vorgeschlagen die Herren:

Porodko, Dr. **Th.**, Privatdozent in **Odessa** (durch W. WÄCHTER und A. F. LEBEDEFF),

Schmid, Dr. **Günther**, Assistent am botanischen Institut der Universität **Jena** (durch E. STAHL und J. BEHRENS),

Schneider, Dr. **Fritz**, Assistent am botan. Institut der Universität **Berlin** (durch G. HABERLANDT und P. CLAUSSEN),

Jakowatz, Dr. **A.**, Professor an der landwirtschaftlichen Akademie in **Tetschen-Liebwerd** (Böhmen) (durch O. APPEL und A. NAUMANN).

Als ordentliche Mitglieder werden proklamiert die Herren:

Kubart, Dr. **Bruno** in **Graz**,
v. Degen, Dr. **Arpad** in **Budapest**,
Kuntzen, Dr. **Heinrich** in **Karlshorst** b. Berlin,
Killian, Dr. **Karl** in **Straßburg i. E.**,
Sierp, **Hermann** in **Münster i. W.**,
Schilling, **Ernst** in **Münster i. W.**,
Späth, Dr. **Hellmut** in **Berlin-Baumschulenweg**,
Hils, Dr. **Ernst** in **Berlin-Halensee**.

Herr R. KOLKWITZ legte eine von der Firma CARL ZEISS, Jena, gefertigte 1 ccm-Planktonkammer mit als Zählplatte liniierter Bodenscheibe vor.

Man könnte geneigt sein, das Kubikzentimeter Wasser bei quantitativen Kleinplanktonstudien als eine zu gering bemessene Einheit zu betrachten. Dabei würde man aber übersehen, daß ein solches Wasserquantum für einen kleinen Planktonorganismus schon als See gilt, was sich aus einer einfachen Betrachtung ergibt.

Einem Schwebeorganismus von 10 μ^3 Größe, z. B. der Kieselalge *Stephanodiscus Hantzschianus*, steht nämlich in einem Raum von einem Kubikzentimeter so viel Wasser zur Verfügung wie einem größeren Fisch in einem See von einer Million Kubikmeter Inhalt, was schon als stattliches Gewässer gelten kann.

Wir können deshalb schon auf Grund rein theoretischer Betrachtung bei normalem Oberflächenwasser kaum auf Sterilität auch nur eines Kubikzentimeters rechnen.

Laut § 23 der Satzungen fanden die Wahlen des Berliner Vorstandes, der Redaktionskommission und der Kommission zur Vorbereitung der Generalversammlung usw. für das Jahr 1913 statt. Das Ergebnis war folgendes:

Erster Vorsitzender: Herr G. HABERLANDT.
Erster Stellvertreter: Herr L. WITTMACK.
Zweiter Stellvertreter: Herr H. CONWENTZ.
Erster Schriftführer: Herr P. LINDNER.
Zweiter Schriftführer: Herr P. CLAUSSEN.
Dritter Schriftführer: Herr W. BENECKE.
Schatzmeister: Herr O. APPEL.

Die Redaktionskommission besteht nach § 19, I der Satzungen aus dem Vorsitzenden, den drei Schriftführern und drei gewählten Mitgliedern. Ihr gehören für das nächste Jahr an die Herren G. HABERLANDT, P. LINDNER, P. CLAUSSEN, W. BENECKE, A. ENGLER, P. ASCHERSON, H. v. GUTTENBERG.

In die Kommission zur Vorbereitung der Wahlen usw. wurden gewählt die Herren H. HARMS, E. KOEHNE, G. LINDAU, R. PILGER, M. O. REINHARDT.

Die Geschäfte der Gesellschaft wird, wie bisher, Herr W. WÄCHTER fortführen.

Mitteilungen.

54. A. Famincyn: Beitrag zur Kenntnis von Bryopsis muscosa Lam.

Der Akademie am $\frac{9.}{22.}$ November 1911 vorgelegt.

(Mit Tafel XIII.)

(Eingegangen am 7. Juni 1912.)

Während meines Aufenthalts in Monako (1909—1910) habe ich hauptsächlich *Bryopsis* untersucht. Dank der Liebenswürdigkeit des Direktoriums des Oceanographischen Museums hatte ich fortwährend frische Algen für meine Studien. Die erhaltenen Resultate sind in dieser Mitteilung niedergelegt.

Die Familie *Bryopsidaceae* enthält zwei Gattungen: *Bryopsis* Lam. und *Pseudobryopsis* Berth., welche durch folgende Merkmale unterschieden werden: 1. bei *Bryopsis* verwandeln sich in Gametangien die auf dem Hauptstiele sitzenden Verzweigungen — die sogenannten kurzen Äste; 2. bei *Pseudobryopsis* bilden Gametangien nicht die kurzen Äste, sondern die aus ihnen heranwachsenden ovalen Zellen, welche durch eine Querwand an ihrer Basis von dem übrigen Inhalte der *Pseudobryopsis* geschieden werden.

2. Bei *Bryopsis* bleiben die Äste in Communication mit dem Stiele, während sie bei *Pseudobryopsis* sich durch eine Querwand vom Stiele abgliedern.

Im Herbarium des Museums waren zwei Arten von *Bryopsis* aus der Bucht von Monako vorhanden: *Br. muscosa* und *Br. plumosa*. Während meines Aufenthaltes habe ich öfters die, sowohl dem Ansehen, als auch der Größe nach, sehr verschiedenen Formen von *Bryopsis* gesammelt und teilweise getrocknet, teilweise in Alkohol aufbewahrt.

Auf meine Bitte wurden sie von dem russischen Algologen WORONICHIN bestimmt. Die ganze Masse meiner Sammlung von *Bryopsis* erwies sich ausschließlich aus *Bryopsis muscosa* Lam. bestehend, nur ein Exemplar ausgenommen, welches der *Br. plumosa* angehörte.

Von den erhaltenen Resultaten erwiesen sich diejenigen am interessantesten, welche die Struktur und Umlagerungen der Chloro-

phyllkörner betreffen. In den zahlreichen, die Chlorophyllkörner betreffenden Untersuchungen wurde nur die Form der Chlorophyllkörner und das Vorhandensein des Pyrenoids berücksichtigt. Mir ist es gelungen, bei *Bryopsis muscosa* in der chlorophyllführenden Schicht nebeneinander sowohl Chlorophyllkörner als auch Chromatophoren zu beobachten[1]).

In fast allen Familien der Algen kommen vereinzelte mit Pyrenoiden versehene Formen vor; mir ist aber keine Alge bekannt, in der Chlorophyllkörner und Chromatophoren in derselben Zelle nebeneinander beobachtet wären, wie ich es bei *Br. muscosa* gefunden habe.

Das ausgewachsene Chromatophor hat die Form einer mit abgerundeten Enden versehenen grünen Platte.

Dem Beobachter, mit dessen Kante zugewendet, erscheint das Chromatophor als eine gerade Platte, mit einem nur in der Mitte ihrer Länge hervorragenden Höcker, dem auf der entgegengesetzten Seite eine ebensolche Vertiefung entspricht; es hat also die Form eines mit breiten Rändern versehenen Hutes. In der Vertiefung, also außerhalb des Chromatophors, ist das Pyrenoid gelegen. In der Zelle, mit normal gebautem Inhalte, ist das Chromatophor immer mit derjenigen Seite nach außen gekehrt, an welcher das Pyrenoid sich befindet; es lassen sich also die äußere und die innere Seite auch dann erkennen, wenn das Chromatophor außerhalb der Zelle sich befindet. Wir haben also bei *Br. muscosa* einen noch nicht bekannten Fall eines asymetrischen Chlorophyllkornes vor uns. Das Chlorophyllkorn bietet außerdem noch andere Eigentümlichkeiten dar: das Pyrenoid ist inmitten eines Protoplasmaklümpchens gelegen, welches ihn einerseits an dem Chromatophor befestigt und andererseits auf der Außenseite in die periphärische Plasmaschicht übergeht; auf diese Weise wird das Chlorophyllkorn passiv in der Zelle herumgeführt. Bemerkenswert ist es, daß es mir niemals gelungen ist, auf der Innenseite des Chromatophors eine Plasmaschicht zu beobachten, die Innenseite erscheint immer ganz frei von ihr.

---

1) In dieser Arbeit habe ich, infolge der weiter angeführten Gründe, die Terminen: Chromatophor und Chlorophyllkorn in einem etwas abgeänderten Sinne gebraucht. Jetzt werden sie als Synonyme betrachtet. Ich werde dagegen als Chromatophor nur die gefärbte Platte des Chlorophyllkornes bezeichnen, als Chlorophyllkorn aber den Complex aus der gefärbten Platte, dem Pyrenoid, den Plasmaklümpchen und der Membran, welche manchmal beobachtet wird, bezeichnen.

Der funktionelle Unterschied der Außen- und Innenseite des Chlorophyllkornes offenbart sich in sehr klarer Weise in einem isolierten Tropfen des Zellinhaltes. Zu diesem Zwecke unterband ich mit einem Seidenfaden an zwei Stellen den Hauptstiel oder eines der Gametangien; ich schnitt darauf von dem unterbundenen Stücke das übrige der *Bryopsis* weg und trocknete es mittelst Filtrierpapier ab; darauf durchschnitt ich es über einem Deckplättchen, wobei ein mit großer Gewalt herausgeschleudertes Tröpfchen des Inhaltes mittelst eines Deckgläschens aufgefangen wurde. Das Deckgläschen mit dem Tropfen wurde auf einen mit einer Vertiefung versehenen Objektträger gelegt und mittelst Olivenöls isoliert.

Über einen Tag dauerte die Bewegung des Plasmas mit den ihr anhängenden Chlorophyllkörnern, Zellkernen als auch anderen Bestandteilen des Zelleninhalts. Es fand zur selben Zeit eine Querteilung der Chlorophyllkörner statt, welche dabei ihre Formen änderten. (Fig. 1, 2, 3, 6, 8, 9.)

Es fanden sich unter ihnen sichelförmig gekrümmte Chlorophyllkörner (Fig. 6, 8, 9), wobei das Pyrenoid mit dem ihn umgebenden Plasmaklümpchen immer im Zentrum der Krümmung sich befand; mit den freien Enden rückten die sich krümmenden Teile gegeneinander zu, fast bis zur Berührung. Es konnte zu dieser Zeit das Erscheinen der Membran auf der Oberfläche des kugelförmigen Chlorophyllkornes beobachtet werden. Es entstand auf diese Weise ein der *Zoochlorella* ähnliches Gebilde. Die Figuren 8 und 9 stellen die aufeinander folgenden Metamorphosen zweier Chlorophyllkörner dar.

Ein ganz eigentümliches Verhalten zu den Plasmafäden und Plasmaklümpchen offenbarten die Chlorophyllkörner in dem Tropfen des Zelleninhalts von *Br. muscosa*. Die sich schon geteilt habenden und mehr oder weniger gekrümmten Chlorophyllkörner waren ausnahmslos mit den concaven Seiten zum Plasma gerichtet (Fig. 6, 8 und 9); in dieser Lage bewegten sie sich auch den Plasmafäden entlang, manchmal paarweise in einer Richtung, in anderen Fällen nach zwei entgegengesetzten Richtungen. Längs denselben Plasmafäden wanderten auch verschiedene Plasmaklümpchen, die manchmal mit fadenförmigen, nach verschiedenen Richtungen gewendeten Auswüchsen besetzt waren; diesen Gebilden begegnete ich auch frei schwimmend zwischen den Plasmafäden, einige von ihnen in Berührung mit einem Chlorophyllkorn. In den Figuren 3, 4 und 5 sind mehrere derartige freischwimmende Körper dargestellt.

Was die Chromatophoren betrifft, welche, wie schon oben erwähnt, zwischen den Chlorophyllkörnern in großer Menge vor-

kommen, will ich folgendes beifügen: sie werden (Fig. 1) durch Querteilung des Chlorophyllkornes abgeschnürt. In manchen Fällen wird das Chlorophyllkorn in der Mitte ihrer Länge quergespalten, wobei sich auch das Pyrenoid teilt, und es werden dabei zwei Chlorophyllkörner gebildet. In diesen neu gebildeten Chlorophyllkörnern verbleibt das Pyrenoid manchmal am stumpfen Ende; es wächst in diesen Fällen das Chromatophor nur an einem Ende fort, und das Chlorophyllkorn wird asymetrisch; manchmal ist das Pyrenoid in der Mitte des Chlorophyllkornes gelegen, und es werden dem ohnegeachtet eins oder sogar zwei Chromatophoren zu einem auf jeder Seite abgegliedert. Ob das abgegliederte Chromatophor bei *Br. muscosa* sich weiter teilen kann, kann ich nicht angeben; ihre Vermehrung durch Teilung würde nichts Auffallendes bieten, da bei höheren Pflanzen die Chromatophoren, ohne das Pyrenoid zu besitzen, sich, wie bekannt, fortwährend durch Querteilung vermehren.

Von den übrigen Resultaten seien nur folgende erwähnt:

Außer den bekannten Gametangien habe ich öfters am Hauptstiele von *Br. muscosa* ebenfalls Zoosporen bildende, ovale Zellen beobachtet, welche den Macrozoosporen, sowohl der Dimension, als auch dem Ansehen nach, ähnlich waren. Ihr Ausschwärmen habe ich öfters beobachtet; weiteres kann ich über sie nicht berichten. Es bleibt deshalb sogar unentschieden, ob diese Zoosporangien der *Bryopsis* entstammen, oder als fremde, der *Bryopsis* nur aufsitzende Algen zu deuten sind.

Endlich wurde ich darauf aufmerksam, daß manche Gametangien an der Spitze, oder an der Basis, als auch an beiden Enden, durch Querwände kleine Zellen abgliedern; es ist mir nicht gelungen, das weitere Schicksal dieser Zellen aufzuklären.

Erklärung der Tafel XIII.

Fig. 1. Neun Abbildungen des Chlorophyllkornes. Es sind hier nur die Umrisse des Chromatophors, die Lage des Pyrenoides und die Abschnürung der Chromotophoren von dem Chlorophyllkorne angegeben.

Fig. 2. Vier Chlorophyllkörner, die dem Plasmanetze und dem Plasmaklümpchen anliegen.

Fig. 3. Ein Plasmanetz mit den ihm anliegenden und mit ihm sich fortbewegenden Chlorophyllkörnern und Plasmaklümpchen, die manchmal mit strahlenartigen Ausstülpungen versehen sind.

Fig. 4 u. 5. Freischwimmende strahlige Plasmagebilde; in Fig. 5 ist ein Chlorophyllkorn an ihm haften geblieben.

Fig. 6. Chlorophyllkörner nach der Teilung, teilweise freischwimmend, teilweise den Plasmafäden entlang sich bewegend.
a) Zwei freischwimmende, einander genäherte, gekrümmte Chlorophyllkörner, mit angeschwollenen Plasmaklümpchen auf der concaven Seite.
b) Zwei sich der ganzen Länge nach anlegende Chlorophyllkörner. Sie verbleiben dabei nicht in Ruhe, sondern fahren fort, ihren Platz zu ändern; sie können sich auch wieder trennen und nach verschiedenen Richtungen auseinander gehen.
c) Längs dem Protoplasmafaden sich bewegende, manchmal paarweise geordnete Chlorophyllkörner.
d) Drei einem Protoplasmaklümpchen, mit ihrer concaven Seite, anliegende Chlorophyllkörner.

Fig. 7. Eine aus dem Inhalte von *Br. muscosa* isolierte Protoplasmamasse mit Vacuolen und den in ihr vorhandenen und sich bewegenden Chromidien.

Fig. 8 u. 9. Zwei Chlorophyllkörner in verschiedenen, aufeinanderfolgenden Umwandlungen in *Zoochlorella* ähnliche Gebilde.

Fig. 10. Verschiedene Gestalten eines und desselben Plasmaklümpchens in dem Zellinhalte des *Br. muscosa*.

---

55. A. Famincyn: Die Symbiose als Mittel der Synthese von Organismen.

Der Akademie vorgelegt am $\frac{16.}{29.}$ Mai 1912.

(Eingegangen am 11. Juni 1912.)

Die vorliegende Abhandlung, eine Fortsetzung der Untersuchung über die Rolle der Symbiose in der Synthese von Organismen, unterscheidet sich aber von den zwei der Akademie vorgelegten Arbeiten darin, daß sie eine Analyse der gegenwärtigen, die Struktur der Zelle betreffenden Anschauungen darbietet und diejenigen Punkte aufklärt, in denen meine Ansichten ihnen widersprechen.

Den Ausgangspunkt meiner Untersuchungen boten die außer Zweifel stehenden Angaben des Zusammenlebens von untereinander sehr verschiedenen Organismen, die nicht selten nicht nur verschiedenen Klassen, sondern sogar verschiedenen Pflanzen- und Tierreichen entstammen.

Das Zusammenleben solcher Organismen bietet eine große Mannigfaltigkeit dar; dem gegenseitigen Verhalten der Symbionten

nach unterscheidet man: 1. Parasitismus und 2. Symbiose. In extremen Formen können diese beiden Arten des Zusammenlebens leicht unterschieden werden. Es gibt aber Fälle, wo der Unterschied mehr oder weniger verwischt wird, nämlich wenn die Symbionten beim Wechsel der Generation verbunden bleiben. Als Beispiel sei hier das Zusammenleben von Orchideen mit dem Pilze *Rhizoctonia* erwähnt[1]).

Von den verschiedenen Symbiosen werde ich ausschließlich nur die formative behandeln, also Fälle, in denen durch das Zusammenleben von zwei oder mehr Symbionten eine höher organisierte Form gebildet wird.

Mehrere Male wurde schon die Vermutung ausgesprochen, daß die Zelle nicht, wie es die Mehrzahl von Gelehrten meint, eine unzerlegbare Lebenseinheit sei; mit anderen Worten geredet, wurde die Frage gestellt: ob die Zelle, im Gegenteil, nicht einen symbiotischen Komplex darstellt, aus welchem die ihn zusammensetzenden aktiven Teile bei geeigneter Kultur, außerhalb der Zelle, zur Weiterentwickelung angeregt werden könnten?

In dieser Richtung sind schon mehrere Versuche angestellt worden. Mittels der Plasmolyse (KLEBS) oder durch Abkühlen (GERASSIMOW) wurde bei *Spirogyra* der Zellinhalt in zwei Teile gesondert: einen kernhaltigen und einen kernlosen. Der kernlose Teil blieb während mehrerer Wochen am Leben; er war imstande, sowohl Stärke zu bilden, als auch die gebildete Stärke zu lösen; es trat aber dabei kein Wachstum ein und er starb, ohne sich weiter zu entwickeln. Der kernhaltige Teil dagegen wuchs rasch heran zu einem vielzelligen Faden.

Ähnliche Beobachtungen wurden von SCHMITZ an Siphonocladiaceenzellen angestellt. Das gleiche beobachtete HABERLANDT an Zellen von *Bryonia dioica* und *Sicyos angulata*.

Dieselben Resultate erhielten NUSSBAUM, GRUBER, BALBIANI, VERWORN, HOFER und BRANDT an Protozoen. VERWORN hat außerdem den Kern aus der Radiolarie *Thalassicola nucleata* entfernt; der isolierte Kern starb in einigen Tagen[2]).

Diese negativen Resultate scheinen die Vorstellung, daß die Zelle ein unteilbares Ganzes darstellt, zu bestätigen.

Die gegenwärtige Lehre von der Struktur sowohl der Pflanzen- als der Tierzellen läßt dennoch mehrere schwerwiegende Zweifel

1) NOEL BERNARD, L'evolution dans la symbiose. Les Orchidées et leurs champignons commensaux. An. d. Sc. Nat. 9. Ser., t. IX, p. 1.

2) Zitiert nach HEIDENHEIN, Plasma und Zelle, Lief. I, S. 62.

an ihrer Richtigkeit aufkommen. Folgende Worte aus dem Werke einer der größten Autoritäten in der Biologie, R. HERTWIG, sollen zur Charakteristik der gegenwärtig herrschenden Vorstellungen über die Struktur der Zellen dienen. In seinem Werke: Lehrbuch der Biologie (1906) S. 11 steht die folgende Beschreibung der Zelle:

„Die Zelle ist ein Klümpchen von Protoplasma, das in seinem Innern einen besonders geformten Bestandteil, den Kern (Nucleus) einschließt" und weiter S. 45 antwortet er auf die Frage: Gibt es kernlose Elementarorganismen? folgendes: „Nachdem auch bei der reifen Eizelle der Kern gefunden worden ist, können wir sagen, daß im gesamten Tierreich kein Fall von kernlosen Tieren existiert."

In diesen Worten ist vollständig klar der herrschenden Meinung Ausdruck gegeben, daß alle Zellen nach demselben Modell konstruiert sind, und daß deshalb dem Forscher obligatorisch sei, innerhalb des Plasmas nach einem Kern zu suchen.

Gegen die herrschende Zellentheorie habe ich manches einzuwenden.

Die folgenden Bemerkungen betreffen sowohl den Kern als das Plasma.

Der Kern.

Erste Bemerkung. Der Äußerung R. HERTWIGs entgegen, daß es im Tierreich keine kernlosen Zellen gibt, wird von dem rühmlich bekannten Protozoenforscher DOFLEIN in seinem Lehrbuch der Protozoenkunde (3. Aufl. 1911 S. 237) die Gruppe der kernlosen Organismen, der MONEREN wieder hergestellt, der Nomenklatur HÄCKELs folgend, welcher auf die Existenz von kernlosen Organismen als erster hingewiesen hat. Die kernlosen Zellen werden von DOFLEIN als Chromidialzellen bezeichnet.

Zweite Bemerkung, welche schwerwiegender erscheint als die erste. Es hat sich herausgestellt, daß dem angenommenen Prinzip folgend, man als Kerne Gebilde verschiedenen Ranges zusammengestellt hat, worauf schon im Jahre 1884 von CARNOY[1]) hingewiesen wurde.

CARNOY war der erste, der darauf aufmerksam machte, daß in einer ganzen Reihe von Formen der *Gregarinae*, der *Rhizopoda* und der *Radiolaria*, der für den Kern charakteristische Prozeß der Karyokinese nicht im Kerne, sondern in dem Kernkörperchen (nucleolus) verläuft, und daß dabei die den Kern färbenden Sub-

1) CARNOY, Biologie cellulaire 1884 p. 236—238.

stanzen nur das Kernkörperchen tingieren. Er war es, der bemerkte, daß auch bei manchen Algen (*Spirogyra*) dasselbe stattfindet.

Den sogenannten Kern der *Spirogyra* will ich hier mit ein paar Worten charakterisieren. Er ist in der Mitte der Länge der *Spirogyra*-Zelle gelegen und senkrecht zur Achse der Zelle gestellt. Er hat die Form einer biconvexen Linse, deren Umriß stark variieren kann; bald erscheint der Kern plattgedrückt, bald mehr oder weniger convex, gelegentlich fast kugelförmig. Es lassen sich an ihm eine derbe Membran, ein plasmatischer Inhalt mit einem, seltener 2—4 Kernkörperchen unterscheiden; das Kernkörperchen (in welchem die Karyokinese stattfindet) ist nach CARNOY mit einer zarten Membran versehen. „Lorsque on examine" schreibt CARNOY „attentivement ces nucléoles on y trouve tous les éléments du noyau ordinaire: une membrane, une partie plasmatique et un élément nucléinien." „Si l'on tenait à conserver la dénomination de nucléole, il semblerait naturel de la réserver exclusivement pour nommer ces noyaux en miniature, nucleoli. Cette restriction dans la signification du mot nucléole est d'autant plus légitime, que VALENTIN a originairement défini ce corps: eine Art von zweitem Nucleus, une espèce de second noyau. Or, de toutes les productions si disparates qui ont été comprises sous ce nom par les auteurs subséquents, celles qui nous occupent sons les seules dont on puisse dire qu'elles sont une sorte de petit noyau dans le grand."

Eine vollständige Bestätigung der Angaben von CARNOY enthält die schöne Arbeit von MEUNIER[1]). Er schließt den zweiten Teil seiner Arbeit mit folgenden Worten:

1. Le nucléole de *Spirogyra* est un noyau en miniature.

2. A raison de la situation particulière au sein d'une masse plasmatique circonserite par une membrane particulière comme dans les noyaux ordinaire, on ne peut lui refuser le nom nucléole-noyau, qu'il légitime et nécessite.

Diese Angaben habe ich teilweise nachgeprüft und zweifle nicht an ihrer Richtigkeit, nur habe ich folgendes gegen ihre Deutung zu bemerken. Eine vollständige Analogie des Kernkörperchens der *Spirogyra* und der Kerne der Mehrzahl der übrigen Pflanzen anerkennend, glaube ich, die Analogie in diesem Sinne weiterführend, den sogenannten Kern der *Spirogyra* einer Zelle

1) MEUNIER, La cellule T. III. Fascicule 2. Le nucléole des *Spirogyra*. p. 390.

gleichstellen zu müssen. Der sogenannte Kern der *Spirogyra* läßt sich leicht außerhalb der Zelle beobachten, da er beim Zerschneiden der Zelle heraustritt, dabei Kugelform annimmt und als typische Zelle erscheint, an der man eine Membran, ein Plasma und einen Zellkern (das sogenannte Kernkörperchen) leicht unterscheidet.

Diese Deutung der Struktur von *Spirogyra* wird wohl vielen als ein unannehmbares Ding erscheinen. Es ist gewiß nicht möglich, sie mit der herrschenden Zellentheorie in Einklang zu bringen.

Wenn wir aber diese Tatsachen von dem Standpunkte der Symbiosetheorie betrachten und zulassen, daß die Zelle überhaupt, also auch die *Spirogyra*-Zelle, einen symbiotischen Komplex darstellt (was natürlich noch zu beweisen ist), so verlieren diese Tatsachen ihren exklusiven Charakter, indem sie den Forderungen der Symbiosetheorie nicht widersprechen, denn es gibt ja eine ganze Reihe symbiotischer Komplexe, wo lebende Zellen innerhalb einer ebenfalls lebenden Zelle eingeschlossen sind und sich dabei ganz wohl befinden und durch Teilung sich vermehren.

Die dritte Bemerkung weist darauf hin, daß die als Kerne bezeichneten Gebilde so verschiedenartig nach der Struktur und der in ihnen verlaufenden Prozesse sind, daß sie nur ein ihnen allen gemeinsames Merkmal, welches aber zur Klärung der Sache wenig beiträgt, aufweisen, und das in folgenden Worten formuliert werden kann: der Kern ist ein im Innern der Zelle gelegenes Gebilde, welches meistens sehr scharf von dem übrigen Inhalte der Zelle absticht. Deshalb scheint es mir willkürlich, diese Gebilde in eine Kategorie zusammenzufassen und sie als gleichwertig zu betrachten.

Das Plasma.

Dem Plasma wird gegenwärtig die wichtigste Rolle in dem Leben der Tier- und Pflanzenzellen zugeschrieben, es wird als Grundsubstanz aller Zellen angesehen und als derjenige Bestandteil betrachtet, an welchen alle Erscheinungen des Lebens gebunden sind.

Würde als Plasma der ganze Inhalt der Zelle, nur den Kern ausgenommen, gemeint, so würde ich dagegen nichts zu erwidern haben. Gegenwärtig wird aber als Plasma etwas ganz anderes bezeichnet, wie aus den folgenden Zitaten zu ersehen ist:

„Das Protoplasma" schreibt O. HERTWIG[1]) „ist ein physiologischer Begriff, ist eine Bezeichnung für ein Stoffaggregat, das

1) O. HERTWIG, Allgemeine Biologie 1906 S. 17 und 45.

eine Anzahl von physikalischen, chemischen und, was noch wichtiger ist, von biologischen Eigenschaften zeigt" und weiter: „Das Protoplasma einzelliger Organismen, pflanzlicher und tierischer Zellen, erscheint als eine zähflüssige, fast immer farblose, mit Wasser nicht mischbare Substanz, die infolge einer gewissen Ähnlichkeit mit schleimigen Stoffen einst von SCHLEIDEN als Schleim der Zellen bezeichnet wurde. Es bricht das Licht stärker als Wasser, so daß selbst feinste Protoplasmafädchen sich trotz ihrer Farblosigkeit in diesem Medium erkennen lassen."

Auf der Seite 14 fügt O. HERTWIG noch hinzu: „in keinem Plasma fehlen kleinste, nur wie Punkte erscheinende Körnchen, die Microsomen, die bald spärlicher, bald reichlicher vorhanden und in eine bei schwächerer Vergrößerung homogen aussehende Grundsubstanz eingebettet sind."

Diese Microsomen werden aber von HERTWIG als, obwohl konstante, doch dem Plasma fremde Einschlüsse betrachtet.

Etwas ganz Ähnliches versteht unter Plasma auch DOFLEIN[1]). Er beginnt die Charakteristik des Protoplasmas mit folgenden Worten: „Das Protoplasma betrachten wir als die Grundsubstanz aller tierischen und pflanzlichen Zellen; in ihm erblicken wir denjenigen Bestandteil, an welchen alle Erscheinungen des Lebens gebunden sind, und ohne den der Wissenschaft kein Leben auf der Erde bekannt ist. Wir beschreiben unter dem Namen „Protoplasma" die meist durchsichtige oder durchscheinende zähflüssige Substanz, welche in den meisten Protozoenzellen als Hauptbestandteil leicht beobachtet werden kann. Sie ist mit Wasser nicht mischbar, stark lichtbrechend (d. h. stärker lichtbrechend als Wasser) und ist durch alkalische Reaktion ausgezeichnet. Als wichtigste Bestandteile und Träger des Lebens betrachtet man die Eiweißverbindungen (Proteine und Proteide), welche man in den abgetöteten Tierkörpern nachweisen kann."

Diese beiden den hohen Autoritäten entnommenen Zitate werden wohl von jedem als treues Bild der gegenwärtigen Zellentheorie anerkannt werden.

Letztere scheint mir, dessen ohnegeachtet, in mehreren Punkten anfechtbar zu sein. Es wird gegenwärtig das Protoplasma (im Sinne von R. HERTWIG und DOFLEIN), besonders ihre alveoläre Struktur, als etwas besonders Wichtiges und mit den Lebensprozessen in nächster Beziehung stehendes Merkmal betrachtet. Die in dem Plasma vorkommenden Einschlüsse dagegen

1) DOFLEIN, Lehrbuch der Protozoenkunde 1911 S. 5.

werden als ihm subordinierte Nebendinge angesehen. Meiner Meinung nach ist der entgegengesetzte Schluß: daß die Hauptrolle in dem Leben der Zelle die im Plasma vorhandenen Einschlüsse spielen, dem Plasma dagegen nur eine sekundäre Rolle zukommt, der richtigere und zwar aus folgenden Gründen: 1. ein vollkommen reines, von Einschlüssen freies Plasma kennen wir, nach O. HERTWIGs Aussage nicht. Ihr sind immer Chromidien oder Chondriosomen beigemischt.

Von den Bestandteilen des Plasmas und der in seinem Innern eingeschlossenen Chondriosomen stellen die letzteren den aktiven, lebendigen Teil dieser Mischung dar, da von ihnen bekannt ist, daß sie nach Art der Bakterien wachsen und sich durch Teilung vermehren können. Das sie umgebende Plasma wird sowohl von HERTWIG als auch von DOFLEIN als eine zähflüssige, mit Wasser sich nicht mischende Substanz beschrieben; von formativen Prozessen ist in ihr keine Spur nachgewiesen worden. Was die alveoläre Plasmastruktur betrifft, so scheint sie mir mehr gegen als für die herrschende Meinung über die Rolle des Plasmas im Leben der Zelle zu sprechen. BÜTSCHLI, dem wir die Entdeckung und Ausarbeitung dieser Struktur verdanken, hat aber außerdem mit voller Bestimmtheit nachgewiesen, daß man eine ganz identische Struktur außerhalb der Zelle, und zwar in der Mischung von Olivenöl mit K_2CO_3 erzeugen kann. Letzteres zeugt aber nach meiner Meinung dafür, daß die alveoläre Struktur eine rein physikalische Erscheinung ist und nicht als eine der Ursachen der rätselhaften Prozesse des Lebens betrachtet werden kann.

Außer den oben erwähnten Chromidien und Chondriosomen haben sich auch die übrigen Einschlüsse des Plasmas als aktiv wachsende und sich durch Teilung vermehrende Gebilde erwiesen; dahin gehören: die Centrosomen mit ihren Centriolen, die Leuco-, Chloro- und Chromoplasten, endlich der Zellkern, der sich von den übrigen Einschlüssen durch die Kompliziertheit der in ihm während des Teilungsaktes stattfindenden Prozesse unterscheidet. Diese im Plasma eingeschlossenen Gebilde, und nicht das zähflüssige Plasma, sind die Herde der Lebensprozesse in der Zelle; ihnen und nicht dem Plasma verdankt sie ihr Leben.

Aus allem Vorhergesagten glaube ich folgenden Schluß ziehen zu müssen: daß in der nächsten Zeit dem Plasma dasselbe Schicksal bevorsteht, welches die Zellmembran getroffen hat.

Beim Beginn der Zellforschungen glaubte man in der Membran die Hauptursache aller eigentümlichen im Innern der Zellen vorgehenden Prozesse entdeckt zu haben. Mit der Zeit klärte sich

die Sache, und man erkannte, daß die Zellmembran eine ganz untergeordnete Rolle spiele. Gegenwärtig glaubt man den Hauptsitz des Lebens der Zelle in dem zähflüssigen Plasma und nicht in seinen Einschlüssen zu sehen. Mir scheint es aber, daß auch im letzten Falle nicht das die aktiven Einschlüsse umgebende Plasma, sondern die Einschlüsse selber als Herde der Lebensprozesse innerhalb der Zelle anerkannt werden müssen, dem Plasma aber nur eine ganz untergeordnete sekundäre Rolle vindiciert werden kann. Die Entdeckung, daß die Microsomen (Chromidien und Chondriosomen) sich zu Kernen und den Chrorophyllkörnern organisieren können, und dabei einen intergrierenden Teil des Plasmas bilden, ist ein Todesurteil der gegenwärtigen Zellentheorie, die dem Plasma (im Sinne HERTWIGs und DOFLEINs) die erste Rolle in den Lebensprozessen der Zellen zuschreibt.

Es ist gegenwärtig in der Biologie eine neue Richtung im Werden gegriffen, der, meiner Ansicht nach, eine glänzende Zukunft bevorsteht. Anstatt das primum movens des Lebens in dem zähflüssigen Plasma zu suchen, erscheint es nicht nur möglich, sondern sogar obligatorisch für aktive Zentren des Lebens der Zelle die in dem Plasma eingeschlossenen Gebilde anzuerkennen.

Die nächste Aufgabe dieser in der Biologie neuen Richtung, die den Anteil der Symbiose an der Evolution der Organismen zuläßt, besteht in dem Aufsuchen solcher Kulturbedingungen, in denen das Leben und die Weiterentwickelung der aktiven Zellenbestandteile im Freien, außerhalb der Zelle, ermöglicht wären.

Gleich dem Chemiker, der zur Erforschung der Struktur eines komplexen Körpers seine Analyse vornimmt, ihn in seine nächsten Bestandteile zerlegt und darauf die Synthese dieses Körpers aus seinen Komponenten zu erlangen sucht, soll, meiner Meinung nach, auch der Biologe nach dem Erfinden solcher Handgriffe streben, die ihm ermöglichten, den zu untersuchenden Organismus in einfachere Organismen zu zerlegen und darauf aus ihnen den zu untersuchenden Organismus zu rekonstituieren, was für die Lichenen schon ausgeführt ist. Sollte dieses gelingen, so würde auf diese Weise vielleicht auch möglich sein das als pium desiderium gegenwärtig angesehene Problem: ein natürliches auf Blutverwandtschaft gegründetes System sowohl für das Pflanzenreich als für das Tierreich aufzustellen.

56. A. Viehoever: Über den Nachweis von Chitin bei Bakterien.

(Eingegangen am 8. August 1912.)

Während das Vorkommen von Chitin in den Zellwänden der Pilze schon eine Reihe von Jahren bekannt ist — ich weise hier nur auf die eingehenden Versuche von VAN WISSELINGH (1898) hin —, hat man seine Anwesenheit in den Membranen der Bakterien bisher nicht mit Sicherheit feststellen können.

So kam auf Grund kritischer Literaturstudien Herr Prof. ARTHUR MEYER (1912, S. 188) zu dem Schlusse: „Daß Chitin nicht in den Sporenwänden der daraufhin untersuchten Spezies vorkommt, ist sicher, und es ist sehr wahrscheinlich, daß es auch nicht in der Oidienmembran dieser Spezies vorhanden ist". Herr Prof. MEYER hatte dabei die makrochemischen Untersuchungen von RUPPEL (1898), EMMERLING (1899), IWANOFF (1901) berücksichtigt, deren Resultate für das Vorkommen von Chitin sprechen konnten; er stützte aber den obigen Satz auf die Erwägungen, daß die Resultate der genannten Arbeiten nicht völlig eindeutig für das Vorkommen des Chitins sprachen und daß besonders alle Versuche der Autoren VAN WISSELINGH (1898), GARBOWSKI (1907) und WESTER (1909), das Chitin mit der empfindlichen mikrochemischen Methode von VAN WISSELINGH nachzuweisen, negative Resultate ergeben hatten. Die an anderer Stelle z. B. von ZEMPLÉN (1911) vertretene Ansicht, daß das Vorkommen von Chitin sicher erwiesen sei, beruhte auf der Unterschätzung der mikrochemischen Reaktion und auf der nicht genügend kritischen Bewertung der makrochemischen Tatsachen. Hatten die Autoren, welche jene Meinung aussprachen, auch Richtiges prophezeit, so war es doch unkritisch, aus dem bisher vorhandenen Materiale den Schluß zu ziehen: das Chitin sei sicher in der Membran der Bakterien nachgewiesen. Es war — wie gesagt — trotz zahlreicher dahinzielender Versuche in keinem einzigen Falle geglückt, das Chitin auf mikrochemischem Wege (mit der VAN WISSELINGHschen Reaktion) in der Bakterienmembran nachzuweisen.

VAN WISSELINGH hatte (1898) — wie schon kurz erwähnt — eine mikrochemische Methode des Chitin-Nachweises ausgearbeitet;

er untersuchte mit ihr die Membranen der Pilze und Bakterien. Während nun VAN WISSELINGH so das Vorkommen von Chitin in den Membranen vieler Pilze deutlich und einwandfrei nachweisen konnte, fand er es bei keiner der daraufhin untersuchten Bakterienspezies; er benutzte Kulturen von *Bac. megaterium* de Bary, *anthracoides* Trev., *mesentericus vulgatus* Flügge, *fluorescens putidus*, *violaceus* Schroeter, *pulcher* Beijerinck. VAN WISSELINGH schließt seine Versuche mit den Worten: „Was die Bakterien anbetrifft, so bemerke ich, daß dieselben nach Erwärmen in konzentrierter Kalilauge bis auf 160 ° nicht mehr wiederzufinden waren und auch nicht mehr nach dem Erwärmen auf 300 ° in Glycerin, indem ich bei den Resten, welche ihre Kulturen im ersten Falle zurückgelassen hatten, keine Mykosinreaktion hervorrufen konnte. Daher glaube ich nicht, daß in den Wänden Chitin vorkommt."

GARBOWSKI (1907) hat dann im Botan. Institute zu Marburg Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Bakterienmembranen ausgeführt und dabei die von VAN WISSELINGHsche Methode auf *Bac. luteus*, *tumescens* und *asterosporus* angewandt. Er sagt (S. 53 und 54 der Diss.; A. MEYER 1912, S. 177): „Es wurden vegetative Formen und Sporen der genannten Arten zu Versuchen angewandt. Nach dem Vorgange von VAN WISSELINGH wurde das Material mit einer ungefähr 10fachen Menge konzentrierter Kalilauge (1 KOH + 1 H_2O) in kleinen zugeschmolzenen Röhrchen im Autoklaven bis auf 160 ° erhitzt und die erhitzte Masse nach einigen Vorprüfungen auf folgende Weise behandelt: Mit der Platinöse wurde ein Klümpchen der Masse auf den Objektträger gebracht, die Kalilauge nach und nach durch 75proz., 50proz., 25proz. Glycerin entfernt und mit Jodjodkaliumlösung (2 J, 1 KJ, 200 H_2O) und verdünnter Schwefelsäure (1proz. oder 5proz. H_2SO_4) versetzt. Als Kontrollprobe diente ein Röhrchen mit *Penicillium* oder *Aspergillus*. Während nun bei den letzten die rotviolette Färbung unfehlbar schon makroskopisch schön hervortrat, war bei den Bakterien nichts derartiges zu sehen. Die vegetativen Formen gehen beim Erhitzen mit Kalilauge auf 160 ° und selbst auf 150 ° sicher zugrunde und sind vor wie nach dem Färben „nicht mehr wiederzufinden". Anders die Sporen. Werden zu den Versuchen ältere (3—4 Wochen alte), etwas angetrocknete Kulturen angewandt, so widerstehen die Sporenflöckchen der zerstörenden Kalilauge ganz gut, und selbst eine schwache Färbung ihrer Membran durch die Wirkung der genannten Reagentien würde nicht zu übersehen sein. Diese tritt aber nicht ein. Im Gegenteil, die Sporen von *B. asterosporus* werden durch die Kalilauge selbst röt-

lich gefärbt und diese Farbe wird durch Jod- wie auch durch Schwefelsäurewirkung zum Verschwinden gebracht. Die rosenrote Färbung des Sporenmaterials durch konzentrierte Kalilauge tritt schon in der Kälte ein. Die Erhaltung der Farbe trotz der Erhitzung auf 160 ° beweist, daß es sich um einen hitzebeständigen Membranstoff handelt. Schwach rötlichen Anlauf bekommen durch KOH-Wirkung auch die Sporen von *Bac. luteus*, und sie verhalten sich gegen J + JK und H_2SO_4 ebenso wie *Asterosporus*-Sporen. Die Sporen von *Bac. tumescens* bleiben nach wie vor ungefärbt. Inwieweit dieser negative Ausfall der Versuche über „Chitinreaktion" der Sporenmembran der genannten Bakterienspezies gegen die Anwesenheit eines chitinartigen Körpers in denselben spricht, läßt sich nicht entscheiden, denn das Chitin wird bekanntlich neuerdings als ein Sammelbegriff angesehen."

Auch WESTER (1909) wandte die VAN WISSELINGHsche Reaktion zum Nachweise des Chitins bei Bakterien an; er benutzte Colibakterien und *Staphylococcus aureus*. Das mit Kalilauge erhitzte Bakterienmaterial übergoß er mit starkem Alkohol, der nach kurzem Centrifugieren wieder abgehoben und durch immer verdünnteren Alkohol ersetzt wurde. Der Rückstand wurde zur Untersuchung benutzt, enthielt jedoch — nach WESTER — weder Chitin noch Cellulose.

Ich habe nun die von mir isolierte harnstoffspaltende Spezies „*Bacillus probatus* A. M. et Viehoever", über welche demnächst eine ausführliche Abhandlung als Dissertation veröffentlicht werden soll, auf Chitin geprüft und zwar ebenfalls mit der VAN WISSELINGHschen Reaktion. Es gelang mir, mit dieser Methode das Chitin in den Membranen aller Morphoden dieser Spezies: in Oidien, Sporangien, Hemangien (Sporen umschließende Sporangienhälften) und Sporen, auch in leeren Sporen- und Sporangienmembranen, einwandfrei nachzuweisen.

Ich untersuchte dann noch die in der Tabelle verzeichneten sporenbildenden Spezies, darunter auch die von GARBOWSKI benutzten, ferner eine sporenbildende Sarzine, die *Sarcina ureae*. Bei allen ohne Ausnahme konnte ich Chitin nachweisen.

Zur Ausführung der VAN WISSELINGHschen Chitin-Reaktion wurden mehrere Ösen kräftig entwickelten Bakterienmaterials in kleine, mit etwa 1 ccm 50proz. Ätzkalilösung beschickte, Glasröhrchen gebracht, die Gläschen dann zugeschmolzen. Da in der Literatur eine Angabe über die erforderliche Dauer der Erwärmung für Bakterien nicht zu finden war, wurden Versuche bei 15, 60 und 90 Minuten langer Einwirkung von 6 Atmosphären im Auto-

klaven angestellt. Das Ergebnis war, daß eine 15 Minuten lange Erhitzung im Autoklaven bei 6 Atmosphären Druck = 164 ° C für *Bac. probatus* und *Sporodinia grandis* völlig ausreichte, um das Chitin in Chitosan zu verwandeln; vermutlich genügt diese Dauer der Erhitzung auch für die anderen Bakterienspezies. Die kurze Erwärmung hatte noch den Vorteil, daß die weniger widerstandsfähigen Morphoden zum Teil erhalten blieben. Nachdem das im Autoklaven erhitzte Material erkaltet war, wurden die Gläschen geöffnet und ihr Inhalt auf Uhrschälchen ausgeleert. Nach dem Absetzen des Rückstandes wurde die überstehende Flüssigkeit mit der Pipette weggenommen, der Bakterienrest dann in ähnlicher Weise nacheinander mit 75proz., 50proz. und 25proz. Glycerin — nach der Angabe von GARBOWSKI (siehe das Zitat) — sorgfältig ausgewaschen; hierauf auf einen Objektträger übertragen und mit einem Deckglase bedeckt, das an zwei Seiten mit Wachsstreifen auf dem Objektträger befestigt wurde. Dann ließ ich im Überschuß durch Absaugen mit Fließpapier Jodjodkaliumlösung (2 g Jod, 1 g Jodkalium und 200 ccm Wasser) zu dem Präparate fließen und verdrängte diese wieder in gleicher Weise völlig durch überschüssigen Zusatz von 1proz. Schwefelsäure.

Tabelle der auf Chitin untersuchten Bakterienspezies

Name der Bakterienspezies	Alter der Kultur	Die Chitosan-Reaktion trat ein bei				
		Oidien	Sporangien	Hemangien	Sporen	Membranreste
Bacillus alvei Krompecher . . .	3 Tage alt	+	+	+	+	+
„ „ „ . . .	4 „ „	+	+	+	+	+
„ *asterosporus* A. M. (Migula)	9 „ „		+	+	+	+
„ „ „ „	14 „ „		+	+	+	+
„ *amylobacter* A. M. et Brede-mann	14 „ „				+	
„ *fusiformis* A. M. et Gottheil	14 Monate „			+	+	+
„ *luteus* Smith et Baker .	7 Wochen „				+	
Urobacillus Leubei Beijerinck . .	13 Monate „	+	+	+	+	+
Urobacillus pasteurii Miquel (Beijerinck)	11 „ „	+	+	+	+	+
Bacillus probatus A. M. et Viehoever	8 Tage „	+	+	+	+	+
„ „ „ „ „	13 Monate „	+	+	+		+
„ *robur* A. M. et Neide . .	13 „ „				+	
„ *sphaericus* A. M. et Neide	15 „ „			+	+	+
„ *subtilis* Cohn	11 „ „		+		+	+
„ „ „	11 „ „		+			
„ *tumescens* Zopf.	3 Tage „	+	+		+	
„ „ „	3 „ „	+	+			
Sarcina ureae Beijerinck	13 Monate „	Kokken+	+		+	+

Die Chitosan- oder Mykosin-Reaktion wurde meist erst sichtbar, sobald das Jod durch die Schwefelsäure verdrängt worden war. Die Färbung ist nicht immer sehr deutlich zu sehen: der Farbenton ist nicht immer rein violett; in ein und demselben Präparate kann man z. B. neben deutlich violett gefärbten Gebilden solche mit schwarzvioletter, rotvioletter, braunvioletter und dunkelrotbrauner Farbe beobachten; ja einige können auch braun oder ganz farblos sein.

Braungefärbte, strukturlose Reste fand ich auch in Präparaten, denen weder Jodlösung noch Schwefelsäure zugesetzt worden war.

Eine schwache gelbliche bis bräunliche Färbung zeigen auf Zusatz der oben erwähnten Jodjodkaliumlösung die Bakterienreste dann, wenn sie noch unzersetztes Chitin enthalten, also besonders vor der Erhitzung mit Kalilauge.

Die von GARBOWSKI (siehe das Zitat) und zuweilen auch von mir beobachtete Rotfärbung von Bakteriensporen und anderen Morphoden möchte ich auf das Vorkommen eines mit konzentrierter Kalilauge sich rot färbenden Bakterienschleimes zurückführen. Diese Annahme wurde besonders wahrscheinlich gemacht durch die Beobachtung bei *Bac. asterosporus.*

Junges, schleimreiches Sporangien- und Oidienmaterial dieser Spezies färbte, in 50proz. Kalilauge gebracht, diese innerhalb 5 bis 10 Minuten deutlich rosarot. Wurde diese Mischung 1 Stunde auf 100° C erwärmt, so setzen sich rotgefärbte Flöckchen zu Boden, die überstehende Flüssigkeit wurde nahezu farblos; dasselbe trat nach mehrtägigem Stehen der nicht erhitzten Mischung ein. Nach längerem Stehen oder nach dem Erhitzen auf 160° war makroskopisch weder bei der Flüssigkeit noch bei dem Bodensatze eine Rotfärbung zu sehen. Mikroskopisch zeigte das frisch mit 50proz. KOH versetzte Material rosarot gefärbte, gallertartige Massen, auch glaube ich, eine schwache Rosafärbung der Membranen gesehen zu haben. Nach dem Erhitzen mit Kalilauge im Autoklaven waren diese Massen verschwunden, eine Rotfärbung der Sporen- und Membranreste war zuweilen — jetzt etwas deutlicher — zu beobachten. Auf Zusatz der Jodlösung wurden die Sporen blasser, auf Zusatz der Schwefelsäure ganz entfärbt, die Membranen zeigten dann aber die erwartete violette Färbung. Diese Beobachtungen waren besonders dadurch erschwert, daß es nur ganz selten — wegen der beim Durchsaugen der Flüssigkeiten entstehenden Strömungen — gelang, das gleiche Objekt kontinuierlich zu beobachten.

Die oben erwähnte Rosafärbung des Bakterienmaterials von *B. asterosporus* mit konzentrierter Kalilauge tritt makroskopisch deutlich sichtbar nur bei Mischung mit schleimreichen, jungen

Kulturen ein, nicht mit alten ausgetrockneten Sporen dieser Spezies. Ich habe diese Färbung bis jetzt bei keiner anderen Spezies beobachtet und glaube, daß man sie bis auf weiteres mit zu den leichten Erkennungsmitteln der Spezies *Bacillus asterosporus* A. M., rechnen darf. Frisches, d. h. nicht mit Kalilauge versetztes und erhitztes, Bakterienmaterial gab auf Zusatz der Jodlösung — wie oben schon erwähnt — eine gelbliche, bräunliche Färbung; diese schlug jedoch auf Zusatz von verdünnter Schwefelsäure nie in eine violette um, sondern verschwand vollständig: ein Beweis dafür, daß nur das in Chitosan umgewandelte und nicht auch das unzersetzte Chitin die VAN WISSELINGHsche Reaktion zeigt (siehe auch die damit übereinstimmenden Angaben von WESTER, 1909, S. 33, „Chitin und Jodlösung").

Als Vergleichsobjekt dienten beim Chitinnachweis Flügeldecken eines Käfers, ferner Pilzhyphen von *Aspergillus glaucus* und *Sporodinia grandis* Linck. Besonders gut eigneten sich die plasmafreien Sporangienträger von *Sporodinia*, da sie gegen die Einwirkung der Kalilauge sehr widerstandsfähig sind und sehr deutliche Färbungen mit dem VAN WISSELINGHschen Reagenz geben.

Alle Beobachtungen wurden vorgenommen mit ZEISSscher Optik: Kompensationsokular 12 und 18, Ölimmersionslinse $^1/_{12}$ und Apochromatlinse (Apertur 1,40, Brennweite 2 mm).

Die Färbungen waren am besten bei Tageslicht (weißem Wolkenlicht) zu sehen; bei Verwendung der A. MEYERschen Mikroskopierlampe (Gasglühlicht) waren die Farbentöne ebenfalls zu sehen, hatten dann aber mehr einen Stich ins Rötliche.

Da die Farbentöne der Chitosanreaktion — wie wir oben sahen — alle Übergänge vom Tiefschwarzvioletten bis zum Braunvioletten zeigen können, selbst in dem gleichen Präparate, so läßt sich nicht von der Tiefe der Färbung oder einem bestimmten Farbentone auf die Menge des in den Membranen vorhandenen Chitins schließen. Eine quantitative Methode zur Bestimmung des Chitingehaltes bei Bakterien kann also die VAN WISSELINGHsche Reaktion nicht sein.

Ebensowenig kann man wohl aus der Verschiedenheit der Jodfärbung auf das Vorkommen mehrerer Chitinarten schließen, wie es KRAWKOW (1892) tat. WESTER (1909) sagt hierzu (S. 15): „Die verschiedenen Färbungen mit Jod sind wahrscheinlich den Verunreinigungen oder Zersetzungsprodukten zuzuschreiben." „Das Chitin einiger Pflanzen (*Peziza aurantiaca*, *Agaricus albus*, *Claviceps purpurea*) einerseits, und verschiedener Tiere (Garneelen, Insekten, Skorpione, Spinnen, Myriopoden, Mollusken [Loligo], Bryozoen,

Brachiopoden [Lingula], Hydrozoen [Sertularia]), andererseits lieferte völlig identische Derivate (wie salzsaures Glukosamin und dessen Benzoat, Chitosan und dessen schwefelsaures Salz) und kann somit selbst auch als identisch betrachtet werden."

Der positive Ausfall des Chitin-Nachweises steht nun — wie wir gesehen haben — vor allem im Widerspruch zu den Angaben von VAN WISSELINGH, von GARBOWSKI und von WESTER. Vielleicht verstehen wir das negative Resultat der genannten Autoren, wenn wir uns über die Bedingungen klar werden, die für das Gelingen der VAN WISSELINGHschen Reaktion von Wert sind.

Man muß mit der Morphologie des zu untersuchenden Bakteriums völlig vertraut sein, muß damit rechnen, daß ein großer Teil des Bakterienmaterials durch die Vorbehandlung, d. h. die Erhitzung mit Kalilauge, zerstört wird und der kleinere Teil manchmal bis zur Unkenntlichkeit verändert werden kann. Ratsam ist es, zu den Übungen des Chitin-Nachweises Bakterien mit ausgereiften Sporen zu nehmen, da die Sporen die widerstandsfähigsten und vermutlich auch die chitinreichsten Entwicklungszustände sind.

Da nur in der Hitze der Umwandlungsprozeß des Chitins in Chitosan sehr schnell vor sich geht, andererseits aber auch die Zerstörung der Bakterien durch die erhitzte Kalilauge eine zu weitgehende sein kann, so darf die Erhitzung nicht länger als es unbedingt zur Bildung des Chitosans nötig ist, ausgedehnt werden; die Konzentration der Kalilauge spielt hier natürlich eine große Rolle. VAN WISSELINGH empfiehlt 50proz., WESTER für die meisten Fälle 60proz. Kalilauge; nimmt man eine weniger konzentrierte Lösung, so muß man länger erhitzen. Über diese Verhältnisse hat WESTER mit gereinigten Daphnias und Schnitten von *Peziza aurantiaca* eingehende Versuche gemacht und die Resultate auf einer Tabelle (S. 22) vereinigt, der ich einige Angaben entnehmen möchte:

Konzentration der Kalilauge	Zeitdauer der Einwirkung	Bei Temperatur von	Färbung mit Jod $^1/_5$ % und H_2SO_4 1 %	Löslichkeit in $2^1/_2$ % Essigsäure
60 %	20 Minuten	160 °	sehr tief violett	völlig löslich
60 %	39 Tage	Zimmertemp.	„ „ „	zum geringen Teile löslich
60 %	90 Tage	„	„ „ „	zum größten Teile löslich
50 %	25 Minuten	160 °	„ „ „	völlig löslich
50 %	90 Tage	Zimmertemp.	„ „ „	zum größten Teile löslich
50 %	120 Tage	„	„ „ „	völlig löslich
40 %	40 Minuten	160 °	„ „ „	„ „
40 %	110 Tage	Zimmertemp.	„ „ „	fast „ „

Ich sagte oben schon, daß Angaben über die erforderliche Dauer der Erhitzung bei Bakterien nicht gemacht wurden, und vermute daher, daß VAN WISSELINGH, da er keine Bakterien mehr wiederfand, sein Material zu lange erhitzt hatte. GARBOWSKI und und WESTER haben vielleicht nicht lange genug erhitzt, denn der Umwandlungsprozeß des Chitins in Chitosan kann bei Bakterien infolge des Vorhandenseins einer Schleimschicht womöglich noch länger dauern als bei Pilzen und tierischen Häuten.

WESTER erhitzte seine Präparate im Ölbade langsam und gleichmäßig auf 160 ° C und kühlte dann ev. sofort ab; er sagt (S. 42): „Das Chitin in den Pflanzenobjekten ist dadurch gewöhnlich vollständig in Chitosan umgesetzt."

Ich erhitzte, wie GARBOWSKI, meine Präparate im Autoklaven; war die Temperatur auf 164 ° gestiegen, so wurde in meinen Versuchen frühestens erst nach 15 Minuten die Flamme abgestellt; die Gläschen mit dem Bakterienmateriale waren dann aber immer noch längere Zeit bis zum Erkalten des Autoklaven der Wärme ausgesetzt. In einem Falle versuchte ich nun die Kalilauge in der Kälte einwirken zu lassen, in der Annahme, daß dadurch die Struktur der Bakterien besser erhalten bleiben müsse und folglich auch der Nachweis des Chitins sich leichter gestalten müsse. Ich habe Oidien- und Sporenmaterial von *Bac. asterosporus* in kleinen Gläschen mit 50 proz. Kalilauge zusammengebracht und nach 8 Tagen beobachtet: die Morphoden waren wohl zum Teil verändert — geschrumpft oder gequollen — aber im ganzen doch noch gut und deutlich zu erkennen. Nach Zusatz des VAN WISSELINGHschen Reagenz war nur ganz vereinzelt eine schwache violette Färbung zu sehen, der Umwandlungsprozeß war also nach 8tägigem Stehen bei durchschnittlich 20 ° C noch nicht weit fortgeschritten.

Die Violettfärbung von Chitosan mit Jod und Schwefelsäure tritt — wie VAN WISSELINGH und WESTER übereinstimmend feststellten — am besten mit verdünnten Lösungen ein. WESTER beobachtete eine rasche Entfärbung dieser Reaktion durch Alkohol und Glyzerin. Anwesenheit von Kalilauge stört ebenfalls die Reaktion. Es wäre also noch denkbar, daß in den Versuchen von GARBOWSKI und WESTER das Bakterienmaterial vor dem Zusatze der Jodlösung und der Schwefelsäure nicht genügend von Kalilauge, oder von Glyzerin (GARBOWSKI) oder von Alkohol (WESTER) befreit worden war.

Schließlich geht auch aus den Angaben der anderen Autoren nicht hervor, mit welcher Optik ihre Untersuchungen ausgeführt wurden; nimmt man nicht mindestens eine 2000fache Vergröße-

rung, so wird man auch eine violette Färbung der Bakterienmembran kaum beobachten können.

Die Säurefestigkeit kann auf das Vorkommen von Chitin in der Membran der Bakterien nicht zurückgeführt werden, wie es HELBING (1900) vermutete, ebensowenig die Gramdauer; denn unter den als chitinhaltig angeführten Bakterienspezies sind nicht säurefeste und solche von sehr geringer Gramdauer.

Die große Widerstandsfähigkeit der Bakterienmembranen gegen äußere Einflüsse ist jedoch jetzt verständlicher geworden. Der makrochemische Fund von Glukosamin aus Bakterienmaterial ist nun sicher nicht mehr auf das Vorkommen von Glukoproteiden (Mucinen und Mucoproteiden) allein, sondern ganz oder doch gewiß teilweise auf das reichliche Vorkommen von Chitin bei Bakterien zurückzuführen.

Während das von HEGLER (1901) und KOHL (1902) bei einzelnen Vertretern der Zyanophyzeen beobachtete Vorkommen von Chitin nach den neuen umfassenderen Versuchen von WESTER (1909) wieder zweifelhaft geworden ist, hat sich mit dem Nachweis des Chitins in Bakterien herausgestellt, daß diese sich nun auch mikrochemisch wie die Pilze verhalten.

Damit ist wieder ein Unterschied zwischen den Bakterien und den Pilzen gefallen. Es ist das nicht ohne Interesse für die von Herrn Prof. MEYER (1912, S. 27) vertretene Anschauung, daß die Pilze und die Bakterien relativ nahe miteinander verwandt sind. Wenn auch die Übereinstimmung des Vorkommens oder Fehlens von Chitin kein Kennzeichen für die Verwandtschaft zweier Pflanzengruppen sein kann, so war es doch auffallend, daß das Chitin den Membranen der Bakterien zu fehlen schien, während es in den Pilzzellwänden so häufig und reichlich angetroffen worden war.

Botanisches Institut der Universität Marburg a. L., den 7. August 1912.

Literatur.

EMMERLING, C., Zur Kenntnis des Sorbosebakteriums. Berichte der Deutsch. chem. Gesellschaft, Bd. 32, S. 541 (1899).

GARBOWSKI, L., Über Abschwächung und Variabilität bei *Bacillus* Smith et Baker und *Bacillus tumescens* Zopf. Dissertation Marburg 1907; auch Zentralbl. f. Bakt., II. Abt., Bd. XIX, S. 641 (1907).

HEGLER, R., Untersuchungen über die Phycochromaceenzelle. Jahrbücher für wissenschaftl. Mikroskopie, S. 279 u. 349 (1901).

HELBING, C., Erklärungsversuch für die spezifische Färbung der Tuberkelbazillen. Orig. in Deutsch. Med. Wochenschrift S. 133 (1900); Ref. in Zeitschrift f. wissenschaftl. Mikroskopie, Bd. 18, S. 97 (1901).
IWANOFF, K. S., Über die Zusammensetzung der Eiweißstoffe und Zellmembranen bei Bakterien und Pilzen. Beiträge zur chemischen Physiologie und Pathologie (HOFMEISTERs Beiträge), Bd. 1, S. 524 (1901).
KOHL, G., Über die Organisation und Physiologie der Cyanophyceenzelle. GUSTAV FISCHER, Jena 1903.
KRAWKOW, N. P., Ref. von WESTER (siehe WESTER, 1909). Orig. in Zeitschrift f. Biologie, Bd. 29, S. 177 (N. F. 11), (1892).
MEYER, ARTHUR, Die Zelle der Bakterien. GUGTAV FISCHER, Jena (1912).
RUPPEL, W. G., Zur Chemie der Tuberkelbazillen. Zeitschrift f. physiol. Chemie, Bd. XXVI (1898).
WESTER, D. H., Studien über das Chitin. Dissertation, Bern 1909; auch erschienen im Archiv der Pharmazie, Bd. 247, S. 282—307 (1909). Pharmaceutisch Weekblad, Bd. 46, S. 1233—1238; 1258—1265 (1909).
VAN WISSELINGH, Mikrochemische Untersuchungen über die Zellwände der *Fungi*. PRINGSHEIMs Jahrbücher f. wiss. Botanik, Bd. XXXI (1898).
ZEMPLÉN, GÉZA, Chitin. Biochemisches Handlexikon von ABDERHALDEN, Bd. 2, S. 526 (1911).

57. A. Dengler: Eine neue Methode zum Nachweis der Spaltöffnungsbewegungen bei den Coniferen.

(Vorläufige Mitteilung aus dem Botanischen Institut der Forstakademie Eberswalde.)

(Mit Tafel XIV und einer Textfigur.)

(Eingegangen am 30. August 1912.)

In jüngster Zeit sind einige neue Methoden veröffentlicht worden, die dazu dienen sollen, die Bewegungen der Spaltöffnungen an den Blättern der Beobachtung und Untersuchung zugänglich zu machen. Die älteren Methoden von STAHL mit Kobaltpapier und die von DARWIN mit dem Porometer erlauben, streng genommen, eigentlich keine direkten Schlüsse auf die Öffnungsweite der Stomata. Denn die Verfärbung des Kobaltpapiers und der Ausschlag des Porometers ist eigentlich nur der Maßstab für die Gesamtgröße des an der Außenfläche des Blattes verdunsteten Wassers. Jedenfalls ist daher auch die nichtstomatäre Transpiration an dem Ergebnis mitbeteiligt, und dieses läßt infolgedessen keinen unbedingten und unmittelbaren Schluß auf die Weite der Öffnung

der Stomata zu. Wenn STAHL die cuticuläre Transpiration als gänzlich unbedeutend gegenüber der stomatären hinstellt, so steht der einzig zwingende Beweis dafür, der durch die Wägung des Wasserverlustes vor und nach Schluß der Spaltöffnungen zu erbringen wäre, vorläufig noch aus. Wenn aber auch die STAHLsche Angabe nach seinen Versuchen für Blätter mit großen Stomata, noch dazu im Zustand weitester Öffnung, zutreffen mag, so ist es doch zum mindesten zweifelhaft, ob sie auch bei engen oder zwar an sich weiten, aber kurz vor ihrer Schließung stehenden Spaltöffnungen noch richtig sein dürfte. Meine dahingehenden, allerdings noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen an Coniferennadeln scheinen dagegen zu sprechen. So fand ich z. B. an vier abgeschnittenen *Taxus*zweigen, die während des Versuchs unter konstantem Licht und gleichbleibender Feuchtigkeit gehalten wurden, dagegen steigender Temperatur ausgesetzt waren, folgende Beziehung zwischen Transpirationsgröße und Öffnungsweite der Spaltöffnungen:

Zeit	Temperatur	Wasserabgabe in mg pro Minute				Spaltöffnungsweite
		Nr. 1	2	3	4	
2.00—3.30	25,6 °	54	40	50	26	um 3.00 bei allen 4 Zweigen etwa noch halb geöffnet.
3.30—4.30	30,5 °	37	25	33	13	
4.30—5.35	34,9 °	55	31	46	25	um 5.30 bei allen 4 Zweigen vollständig geschlossen.

Bei Nr. 1, 3 und 4 hätte sich das Kobaltpapier im ersten wie im letzten Teil des Experiments gleich stark verfärben oder das Porometer gleich großen Ausschlag zeigen müssen, trotzdem die Spaltöffnungsweite stark zurückgegangen ist. Das Wiederansteigen der Wasserabgabe im letzten Versuchsabschnitt ist wohl kaum anders erklärbar, als daß die mit der erhöhten Temperatur gesteigerte cutikuläre Transpiration hier den Verlust an der stomatären ausgeglichen hat.

Jedenfalls bildete die neue Methode, die MOLISCH zuerst veröffentlichte, die aber, wie E. STEIN kürzlich in diesen Heften mitteilte, auch von STAHL schon länger ausgeübt worden ist, nämlich aus der Infiltration beim Auftupfen verschiedener Flüssigkeiten auf die Öffnungsweite der Stomata zu schließen, einen erheblichen Fortschritt. Denn das Eindringen oder Nichteindringen der verschiedenen Flüssigkeiten steht offenbar in alleiniger und unmittelbarer Beziehung zur Weite der Öffnungen. Leider versagt diese schöne und so leicht im großen anzuwendende Methode bei den Coniferennadeln vollständig. Das hat bereits NEGER in Heft 4

des laufenden Jahrgangs dieser Berichte festgestellt, und ich kann das bestätigen. NEGER war bei seinen Versuchen auf den Gedanken gekommen, die Infiltration durch Einsaugen der Flüssigkeit mittelst der Luftpumpe zu bewerkstelligen, und da sich die Luft durch die Schnittstelle des Zweiges nicht absaugen ließ, versuchte er die Evacuierung durch die Spaltöffnungen selbst und die Infiltration dann durch Wiederherstellung des normalen Luftdruckes, der die Flüssigkeit in das Blattinnere hineinpressen sollte. Bei verschiedenen Laubhölzern gelang dies gut, und in der Größe des Unterdrucks, „durch welchen die Bedingungen für die Infiltration mit Wasser gegeben sind", und in der Zeit, „welche bis zum Abschluß der Infiltration verstreicht", sah NEGER zwei Grad-messer für die Öffnungsweite der Stomata. Da bei den Coniferennadeln die Infiltration aber auch auf diesem Wege nicht gelang, stach NEGER die Nadeln nach Evacuierung an, worauf die Infiltration mehr oder minder rasch erfolgte. Mit diesem Verfahren, von ihm „Evacuationsmethode" genannt, gelangen dann einige Versuche, deren Ergebnisse NEGER in seiner schon genannten vorläufigen Mitteilung veröffentlicht hat. Ich habe mich zur gleichen Zeit wie NEGER mit dem Problem der Infiltration von Coniferennadeln beschäftigt, und zwar zunächst nur zum Zweck der Feststellung des Interzellularvolumens von Licht- und Schattennadeln, über deren anatomische und physiologische Unterschiede ich seit Herbst vorigen Jahres eine größere vergleichende Untersuchung am Berliner pflanzenphysiologisches Institut begonnen hatte. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit handelte es sich dann aber auch für mich um die Frage der Bewegungen des Spaltöffnungsapparates, über die ja gerade für die Coniferen noch gar nichts Sicheres bekannt ist. Ich kann nun im allgemeinen bestätigen, was NEGER bezüglich der Unmöglichkeit der Infiltration durch Auftupfen oder Eintauchen in Wasser, Alkohol, Äther, Petroläther usw. feststellte, ferner, was er bezüglich der Unmöglichkeit der Evacuierung der Nadeln durch die Schnittstelle des Zweiges, und bis zum gewissen Grade auch das, was er bezüglich der Evacuationsmöglichkeit durch die Spaltöffnungen selbst und nachträglicher Infiltration bei Einstich fand. Hier möchte ich nur hinzufügen, daß bei meinen Versuchen ein Einpressen von Wasser, oder noch leichter von Alkohol, auch in unverletzte Nadeln, nach mehrmaliger Evacuierung und Wiederherstellung des Normaldruckes gelang.

Ich operierte bei meinen anfänglichen Versuchen zur Feststellung des Interzellularvolumens mit *Taxus*nadeln, die vom

Zweige getrennt waren, und zwar durch Abschneiden mit der Schere oder auch durch Abpflücken. Hierbei bemerkte ich sehr bald, daß unter den letzteren immer diejenigen, die oberhalb des Stieles an der Basis der Spreite abgerissen waren, rascher infiltrierten als die an der natürlichen Ablösungsstelle abgetrennten, was sofort daran zu sehen war, daß die vorher im Wasser schwimmenden Nadeln bei der Infiltration zu Boden sanken. Als ich auf Grund dieser Wahrnehmung versuchte, die unverletzten mit der Schere an Basis oder Spitze anzuschneiden, erfolgte überall eine ganz plötzliche Infiltration, die sich an der sonst hellgrünen Unterseite der *Taxus*nadeln durch Dunkelfärbung sofort kenntlich machte. Hieraus ergab sich der Schluß, daß die Spaltöffnungen zu einer Zeit und unter Bedingungen die Evacuierung ermöglicht hatten, unter denen eine Infiltration nicht eingetreten war, daß sie also in diesem Zustand die Luft durchgelassen, der Flüssigkeit aber den Eintritt versperrt hatten. Zugleich ergab sich, da die Infiltration von der Anschnittstelle in raschem Zuge über die ganze Nadelfläche vorrückte, daß das Intercellularsystem der Nadel im allgemeinen zusammenhängend sein mußte. NEGER hat diese beiden Schlußfolgerungen bereits in seiner Mitteilung im Maiheft dieser Zeitschrift gezogen. Ich kann sie hier auf Grund meiner etwa gleichzeitig und unabhängig davon auf anderm Wege gemachten Erfahrungen bestätigen. Während aber NEGER bei seiner Evacuationsmethode stehengeblieben ist, hat mich die Verfolgung des obigen Gedankenganges zu einer neuen, einfachen Methode geführt, die, wie ich glaube, noch klarere und präzisere Resultate liefern wird.

Wenn nämlich das Intercellularsystem der Coniferennadeln einheitlich ist, d. h. unter sich zusammenhängt, und wenn es möglich ist, aus ihm mit der Saugpumpe Luft herauszuziehen, so muß es umgekehrt auch möglich sein, mit einer Druckpumpe durch eine künstliche Öffnung an einem Ende, etwa an der Nadelbasis, Luft hinein- und durch die geöffneten Stomata hindurchzupressen. An einer in Wasser untergetauchten Nadel muß dann der Austritt der Luft in Form von Blasen direkt mit dem Auge zu beobachten sein. Schon die ersten rohen Versuche an einigen turgeszenten und welken *Taxus*-Nadeln, die ich einzeln in das Ende kleiner Glasröhrchen einkittete, und in die ich vom andern Ende mit dem Munde Luft einblies, zeigten die Möglich-

keit, auf diesem Wege zu einer brauchbaren Untersuchungsmethode zu gelangen. Ich mußte dann an der weiteren Ausbildung dieser Methode neben meiner anderen größeren Untersuchung arbeiten. Daher kann ich sie erst jetzt veröffentlichen und vorläufig nur einige wenige damit gewonnene Ergebnisse mitteilen, die nur dazu dienen sollen, ihre leichte und vielseitige Anwendbarkeit darzutun. Eingehendere Untersuchungen damit hoffe ich erst später durchführen zu können.

Am praktischsten wurde nach mancherlei Herumprobieren folgende Versuchsausführung befunden: Ein etwa 10 cm langes an einem Ende zugeschmolzenes Stück Bleirohr, das 0,8 cm lichte Weite und etwa 2,5 mm Wandstärke hat, wird auf der einen Seite mit etwa 6 kleinen Schlitzen versehen, die ich mit der kleinen Schneide des Taschenmessers einsteche. Sie brauchen nur so lang und breit zu sein, daß sie die zu untersuchenden Nadeln bequem und mit etwas Spielraum aufnehmen können. Die Schlitze werden dann nach außen, ebenfalls mit dem Taschenmesser, trichterförmig erweitert, damit der hineinzufüllende Kitt nach unten recht fest zusammengedrückt werden kann. Die Böschungswände des Schlitzes werden zur besseren Adhäsion durch Einritzen etwas aufgerauht. Dann wird vor dem Einsetzen der Nadeln erst der Kitt fest eingedrückt. Als bester Stoff dafür hat sich von vielen versuchten das in Apotheken in Stangenform käufliche sog. Bleipflaster bewährt. Dieses knetet sich in der warmen Hand wie Wachs, klebt aber besser und hält nach seiner raschen Erstarrung recht ansehnlichen Druck aus. In den in die Schlitze eingedrückten Kitt steche ich dann mit einer kleinen Lanzette einen Spalt und schiebe die zu untersuchende, frisch abgepflückte und an der Basis gekappte oder auch nur angestochene Nadel so tief hinein, daß die geöffnete Stelle im Hohlraum der Röhre liegt. Dann wird mit einem sogenannten Modelliereisen, wie es zu Wachsarbeiten (z. B. beim Lederschnitt) gebraucht wird, drückend und streichend die Abdichtung der Nadel vorgenommen. Besonders wichtig ist hierbei ein kräftiges Drücken nach dem Grunde des Kessels zu. Nach einiger Übung gelingt die Abdichtung rasch und fast immer vollkommen. Zeigt sich nach dem späteren Untertauchen noch eine Undichtigkeit, so ist sie nach Abtrocknen der betreffenden Stelle mit Fließpapier durch Nachpressen mit dem Modelliereisen meist rasch und unschwer zu beheben. Ich brauche zum Einsetzen und Einkitten von 6 Nadeln höchstens 5 Minuten. Das Rohrstück mit den Nadeln ist dann durch einen starkwandigen Gummischlauch mit einem Gummigebläse oder besser einer kleinen Kolbendruck-

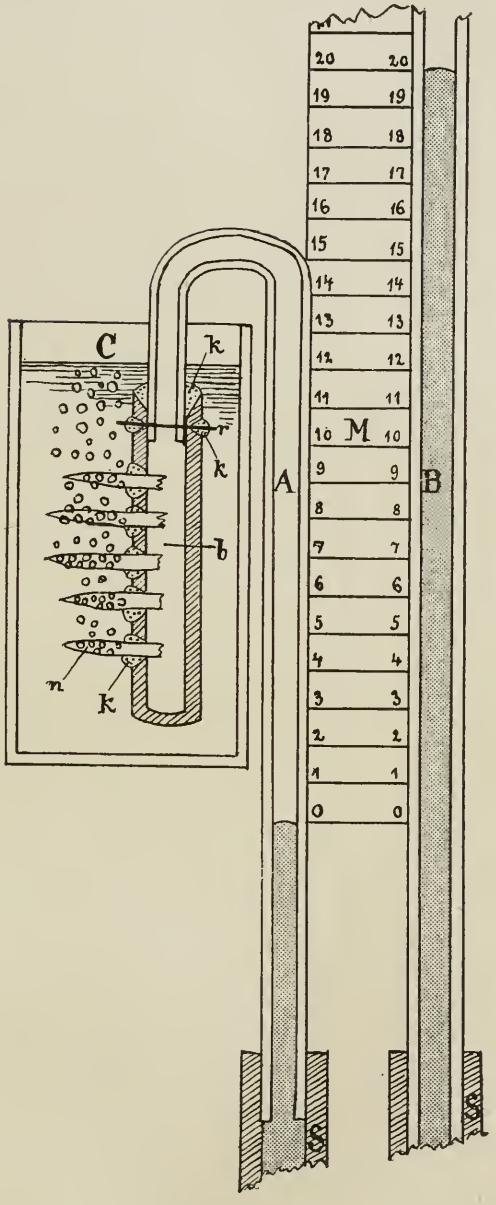


Fig. 1. A. Fester Manometerschenkel. B. verschiebbarer Manometerschenkel. C. Gefäß mit Wasser. S. Gummischlauch 50 cm lang, Verbindungsstück zwischen A u. B. M. Verschiebbarer Maßstab. b. Bleirohrstück. r. Haltestift zur Verbindung zwischen Blei- und Glasrohr, in einer Durchbohrung beider ruhend. k. Dichtungsstellen, mit Bleipflaster verkittet. n. Coniferen-Nadeln mit Luftblasen, die unter dem Überdruck von 200 mm Quecksilber austreten.

pumpe, wie sie für Fahrräder gebraucht wird, in Verbindung gesetzt. Zur Erzeugung einer stets annähernd gleichen Drucks wird die Führungsstange des Kolbens mit Marken versehen und bis zu einer bestimmten Marke hineingeschoben. Je nach dem Zustand des Spaltöffnugsapparates erfolgt nun bei Kompression ein größerer oder geringerer Austritt von Luftblasen an den spaltöffnungsführenden Nadelflächen, den man beim Untertauchen in einer flachen Schale mit Wasser bequem mit dem Auge oder der Lupe verfolgen kann. Vorher äußerlich anhaftende Luftblasen werden mit einem kurzen Borstenpinsel abgestreift. Es bedarf nur der Festsetzung einer entsprechenden Skala, in welche die einzelnen Stufen der Blasenbedeckung einzuschätzen sind. Das letztere bringt natürlich eine gewisse Unsicherheit und Subjektivität hinein, die aber bei einer weiteren Verfeinerung der Methode bis zu einem gewissen Grade vermieden wird.

Man kann nämlich das Bleirohr mit den eingekitteten Nadeln statt mit einer Druckpumpe auch mit einem Quecksilbermanometer verbinden, dessen Schenkel durch einen dickwandigen Gummischlauch verbunden und gegeneinander verschiebbar sind. Dadurch kann man in dem einen Schenkel einen Überdruck von beliebiger Größe erzeugen und dessen Ausgleich auf dem Wege durch die Spaltöffnungen zeitlich messen, wodurch ein zahlenmäßig erfaßbares Maß für die Durchlässigkeit der Spaltöffnungen und damit auch für ihre Öffnungsweite gegeben ist. Die einfache Zusammenstellung eines solchen Apparates möge die beigefügte Skizze veranschaulichen. Der unten verlängert zu denkende Gummischlauch S ist etwas über 50 cm lang, das nach oben zu verlängernde, verschiebbare Lineal M gerade 50 cm lang, so daß ein Überdruck von dieser Höhe erzeugt und gemessen werden kann. Unbedingt notwendig ist es, daß das Bleirohr mit den eingekitteten Nadeln auch hier unter Wasser getaucht wird. Neben der Beobachtung der Größe der aufsteigenden Luftbläschen, ihrer Verteilung über die Nadeloberfläche u. a. ist dadurch auch die Kontrolle darüber gegeben, daß nirgends eine Undichtigkeit an den Kittstellen vorhanden ist. Ich habe erst wenige Versuche mit diesem Apparat machen können, so daß ich Ergebnisse hier vorläufig noch nicht mitteilen kann. Besonders brauchbar scheint er bei Nadeln mit an sich weiteren Spaltöffnungen und bei weiten Öffnungszuständen zu sein. Jedenfalls ist seine Anwendung aber umständlicher, und die Einzelbeobachtung dauert länger als bei

der zuerst beschriebenen, einfacheren Methode, die ich kurzweg Compressionsmethode nennen will, während die kompliziertere Art Manometermethode heißen mag. Die Compressionsmethode bietet den großen Vorteil, daß man die wenigen dazu nötigen Gegenstände überall bequem mit sich führen und rasch eine Beobachtung machen kann. Sie wird daher in erster Linie zu Untersuchungen im Freien unter natürlichen Verhältnissen zu benutzen sein, während die Manometermethode mehr im Laboratorium zur Anwendung kommen wird. Für die Compressionsmethode bedarf es nun aber noch der Bildung gewisser Stufen für die Schätzung. Ein Zählen der Luftblasen, die bei einem bestimmten Druck auf der Nadeloberfläche erscheinen, ist nicht möglich, da die Blasen oft rasch zerplatzen, sich ablösen oder zusammenfließen. Auch kommt es neben der Zahl noch sehr auf die recht verschiedene Größe der Blasen an. Ich habe bei meinen bisherigen Versuchen an *Taxus*nadeln schließlich 6 Stufen gebildet. Stufe 0 ist jene, bei der keine Blase erscheint, Stufe 4 jene, bei der der Spaltöffnungen führende Nadelteil ganz dicht mit Blasen bedeckt ist. Darüber hinaus geht noch Stufe 5, bei der außer dichter Bedeckung ein lebhaftes Perlen einen noch stärkeren Grad des Luftaustrittes anzeigt. Diese Stufen sind leicht und sicher zu unterscheiden und einzuschätzen. Auf den nach einzelnen Versuchen aufgenommenen Photographien der Tafel zeigen z. B. in Abbildung 1 die Nadeln b, c, d Stufe 4, die Stufe 0 dagegen die Nadel a und d in Abbildung 6. Leicht zu bestimmen ist auch Stufe 1, wo nur wenige, meist kleine Blasen erscheinen. Typisch dafür ist die Nadel c in Abbildung 6. Stufe 2 ist dann diejenige, bei der etwa die Hälfte der Blasen erscheinen, die bei maximaler Bedeckung zu sehen wären (etwa Abb. 2d), Stufe 3 endlich zeigt jedenfalls mehr als die Hälfte, aber doch nicht volle, dichte Bedeckung (z. B. 2 a u. c, 5 e u. d). Natürlich sind die einzelnen Stufen durch Übergänge verbunden und daher nicht immer zweifellos einzuschätzen. Man hilft sich dann damit, daß man durch $^2/_3$ oder $^3/_4$ den Übergangscharakter andeutet! Selbstverständlich ist auch eine andere Stufenbildung mit weniger Graden möglich. Die Hauptsache wird immer sein, daß man im Verlauf einer vergleichenden Untersuchung die einmal gebildeten Stufen konsequent festhält. Übrigens ist ja, wie die Tafel zeigt, hier auch das Hilfsmittel der Photographie anwendbar, um die einzelnen Phasen in völlig getreuer und objektiver Weise festzulegen. Die Aufnahmen sind mit dem LEITZschen mikrophotographischen

Apparat gemacht. Die Objekte lagen in einem tiefen Teller unter Wasser und wurden von oben mit einer kleinen Bogenlampe grell beleuchtet, da wegen der Bewegung der Luftblasen lange Momentaufnahmen gemacht werden mußten.

Die Abbildung 1 zeigt 4 Nadeln von *Taxus*-Sträuchern und zwar a u. b von einer kurznadligen, c u. d von einer langnadligen Varietät, a u. c sind Nadeln von 1911, b u. d solche vom Jahre 1912. Die abgeschnittenen Zweige waren vorher 3 Stunden im feuchten Raum ans helle Fenster gestellt worden. Die jüngeren Nadeln b u. d zeigen größere Blasen wie die des Vorjahrs, dürften also wenigstens teilweise weiter geöffnete Spaltöffnungen haben als die älteren. Dies würde mit den NEGERschen Beobachtungen übereinstimmen. Doch kommen, wie andere Versuche zeigten, gerade unter den letztjährigen Nadeln, wahrscheinlich nach dem verschiedenen Entwicklungszustand, auch umgekehrte Fälle vor. Abbildung 2 zeigt dann dieselben Nadeln, die noch im Bleirohr eingekittet also ohne Wasserzuführung in trockner Zimmerluft 2 Stunden liegen gelassen wurden, nachdem vorher das anhaftende Wasser mit Fließpapier abgetrocknet worden war. Man sieht den deutlichen Rückgang an Zahl und besonders an Größe der Blasen. Die Spaltöffnungen haben sich offenbar zu einem kleinen Teil schon geschlossen, alle aber ihre Öffnungsweite verringert. Abbildung 3 gibt den Zustand von je 2 andern Nadeln derselben beiden Sträucher an. Die Zweige waren aber vor der Aufnahme 3 Stunden in der Dunkelkammer in den Chlorcalcium-Exsiccator gelegt worden. Die Jahrgänge 1911 und 1912 sind in derselben Weise angeordnet wie in Abbildung 1. Mit Ausnahme von a ist bei allen Nadeln eine weitgehende Schließung der Öffnungen eingetreten, d zeigt allerdings merkwürdigerweise, wenn auch nur wenige, so doch noch recht große Blasen.

Einen andern Versuch und sein Ergebnis veranschaulicht Abbildung 5 und 6. Die Nadeln a—c stammen von *Taxus baccata*, d u. e von *Abies concolor*. Die Zweige, denen sie entnommen sind, hatten vorher 2 Stunden im hellen feuchten Raum gestanden. Die Nadel a ist von 1911, b von 1912, und zwar normal ausgebildet, c von 1912, aber noch sehr unfertig und zart, d ist wieder von 1911, e von 1912. Auch hier zeigt wieder wenigstens *Taxus* 1912 die größeren Blasen als 1911, bei *Abies concolor* ist das nicht so stark ausgeprägt. Das Rohrstück mit Nadeln wurde darauf in einen dunstgesättigten Raum in die Dunkelkammer gelegt und nach 2 Stunden wieder geprüft. Das Ergebnis zeigt Abbildung 6.

Überall zeigt sich ein deutlicher Rückgang, a u. d lassen überhaupt keine Luft mehr durch, auch nicht bei starker Erhöhung des Druckes. Bemerken möchte ich noch, daß ich mich in solchen Fällen von der Wegsamkeit des Interzellularsystems — es könnte ja eine Verstopfung an der Schnittfläche eingetreten sein — am Schlusse der Beobachtung jedesmal dadurch überzeuge, daß ich die Nadel an der Spitze oberflächlich ansteche. Dann muß aus der Einstichstelle Luft austreten. Überhaupt kann man so auch die Wegsamkeit einzelner Teilflächen, auf denen sich keine Blasen zeigen, jederzeit nachprüfen!

Die wenigen hier mitgeteilten Versuche und die bildliche Darstellung ihrer Ergebnisse beweisen eine deutliche Reaktionsfähigkeit des Spaltöffnungsapparates der Coniferen auf verschiedenartige äußere Einflüsse wie Feuchtigkeit, mangelnde Wasserzufuhr, Lufttrockenheit und Dunkelheit. Auf eine Mitteilung meiner inzwischen weiter ausgedehnten Versuche und eine Besprechung der daraus abzuleitenden Schlüsse will ich hier nicht eingehen. Diese Mitteilung bezweckt ja zunächst nur, die neue Methode darzustellen und ihre Brauchbarkeit an einigen Beispielen zu veranschaulichen. Die Reaktionen des Spaltöffnungsapparates scheinen mir aber durch sie deutlicher, unmittelbarer und einwandfreier veranschaulicht zu werden als durch die bisher üblichen, auch die jüngst von NEGER veröffentlichte Methode.

Übrigens kann die Zahl der gleichzeitig zu untersuchenden Nadeln noch vermehrt werden, wenn man das wünscht, indem man ein längeres Rohrstück mit mehr Schlitzen anwendet. Wo es sich aber um Nadeln ein und desselben Zweiges und Jahrgangs handelt, dürften je 5 vollständig genügen. Ich habe wenigstens gefunden, daß unter solchen Bedingungen 5 Stück schon ein völlig zuverlässiges Durchschnittsbild ergeben. Am besten eignen sich natürlich die breitflächigen Nadeln, die nur auf einer Seite Spaltöffnungen führen, also *Taxus*, *Abies*, *Tsuga*, und unter ihnen wieder *Taxus* am meisten, weil diese Nadeln keine Harzkanäle haben. Wo letzteres der Fall ist, schneidet man das basale, ins Rohr einzuschiebende Ende besser nicht ab, da sonst die Schnittstelle mit Harz überläuft, und dieses dann bei Compression das Intercellularsystem verstopft. Vielmehr begnügt man sich hier mit einigen oberflächlichen Einstichen mit einer feinen Nadel, die möglichst dort anzubringen sind, wo die Harzkanäle nicht liegen! Daß die verschiedensten Nadeltypen für die Methode zugänglich sind, soll Abbildung 4 dartun. Die Nadeln sind Zweigen entnommen, die 1 Stunde im hellen, feuchten Raum gestanden hatten

und gehören folgenden Spezies an: a) *Araucaria imbricata*, b) *Sciadopitys verticillata*, c) *Pinus silvestris*, d) *Picea pungens*, e) *Larix leptolepis*.

Ausgeschlossen ist die Anwendbarkeit der Methode zunächst noch für Blätter mit nicht zusammenhängendem Interzellularsystem, für die NEGER den m. E. nicht sehr glücklich gewählten Ausdruck „heterobarisch" vorgeschlagen hat[1]). Die meisten Laubblätter werden daher dieser Form der Untersuchung nicht zugänglich sein. Doch hoffe ich, in einem etwas abgeänderten Verfahren vielleicht auch für sie noch die Compressions- oder Manometermethode anwendbar zu machen. Es würde dann besonders interessant sein, die einzelnen Stufen dieser Methode mit denen der MOLISCH-STAHLschen Infiltrationsmethode zu vergleichen, wodurch für jene noch eine genauere Vorstellung über die Öffnungsweite der Stomata zu gewinnen wäre.

Erklärung der Tafel XIV.

Abb. 1. Nadeln von *Taxus baccata* nach 3stünd. Stehen im hellen feuchten Raum. a u. b kurznadelige, c u. d langnadelige Varietät. a u. c Jahrgang 1911, b u. d Jahrgang 1912.

Abb. 2. Dieselben Nadeln nach 2stünd. Liegen in trockner Zimmerluft.

Abb. 3. Nadeln derselben Stämmchen wie in 1, nach 3stünd. Liegen in der Dunkelkammer im Chlorcalcium-Exsiccator. Anordnung der Jahrgänge wie bei 1.

Abb. 4. Nadeln verschiedener Coniferen-Gattungen nach 1stünd. Aufenthalt der Zweige im hellen, feuchten Raum. a) *Araucaria imbricata*, b) *Sciadopitys verticillata*, c) *Pinus silvestris*, d) *Picea pungens*, e) *Larix leptolepis*.

Abb. 5. a—c Nadeln von *Taxus baccata*, d u. e von *Abies concolor*, nach 2stünd. Stehen im hellen feuchten Raum. a von 1911, b von 1912 normal ausgewachsen, c von 1912 unausgewachsen, d von 1911, e von 1912.

Abb. 6. Dieselben Nadeln nach 2stündigem Liegen im dunstgesättigten Raum in der Dunkelkammer.

---

1) Der Ausdruck erweckt die Vorstellung, als ob bei diesen Blättern in ihren einzelnen Teilen für gewöhnlich ein verschiedener Luftdruck herrschte! Das kann zwar unter gewissen Bedingungen, namentlich nach Behandlung mit der Luftpumpe, der Fall sein, braucht es aber durchaus nicht, und ist es unter natürlichen Verhältnissen wahrscheinlich auch niemals.

58. Günther Schmid: Zur Ökologie der Blüte von Himantoglossum.

(Eingegangen am 19. September 1912.)

Man findet bei der Durchsicht des Kapitels über die Orchideen in P. KNUTHs Handbuch der Blütenbiologie[1]), daß eine Reihe unserer deutschen Orchideen einer genaueren Beschreibung ihrer blütenökologischen Verhältnisse noch harren, ja, daß einige bisher gar keine Untersuchung erfahren haben. In dieser Hinsicht sind *Orchis purpurea, ustulata, militaris, Simia, Rivini, incarnata, laxiflora, Traunsteineri* zu nennen, ferner *Neottia nidus avis, Coralliorrhiza innata, Malaxis paludosa, Microstylis monophyllos* und die duftenden *Orchis pallens, O. coriophora* mit der nach Vanille riechenden Abart *fragans, Himantoglossum hircinum* und *Epipactis rubiginosa.* Nicht nur der Vollständigkeit halber sollten auch diese, nur zum Teil selteneren Pflanzen vorgenommen werden; die Erfahrung schon, daß uns das Studium der Orchideenblüte immer neue Eigenarten ihres Eingreifens in das Leben der Insekten hat finden lassen, dürfte dazu Anlaß genug sein. Das reichliche Vorkommen von *Himantoglossum* im Leutratale bei Jena führte mich zur Beobachtung dieser Pflanze.

Unter den heimischen Orchideen gehört *Himantoglossum hircinum* Spr. (= *Loroglossum hircinum* Richard, *Aceras hircina* Lindl. *Satyrium hircinum* L. usw.) zu den auffälligsten Erscheinungen. Die Pflanze ist stattlich groß und stellt sich mit einer Höhe bis zu 90 cm unter die größten deutschen Arten der Familie. Der lange Blütenstand ist reich besetzt, und die Blüten sind recht ansehnlich. Will man das Beispiel einer bizarren Blumenausbildung anführen, weist man gerne auch u. a. auf die Blüte von *Himantoglossum.* M. SCHULZE[2]) und O. VON KIRCHNER[3]) geben gute Abbildungen: es ist die Lippe, die zu einer seltsamen Form ausgewachsen ist. Das schmale — manchmal nur 2 mm breite — bis 6 cm lange Gebilde rollt sich wie eine Uhrfeder aus der Knospe heraus und

1) II. Bd., 2. Teil, S. 430 ff.

2) M. SCHULZE, Die Orchidaceen Deutschlands usw. Gera 1894.

3) O. VON KIRCHNER, Blumen und Insekten. Leipzig u. Berlin 1911, S. 280.

öffnet auf diese Weise die ganze Blüte. Unter mannigfachen Windungen, die physiologisch nicht näher untersucht und einstweilen den Nutationen zuzuzählen sind[1]), nimmt die Lippe u. a. eine rechtwinklig gekrümmte Lage ein, so daß das längere, untere Ende senkrecht nach oben steht, dreht sich dann um ihre Achse ab oder auf; und schließlich streckt sie sich wagerecht oder schräg nach unten von der Blüte weg. Durch die vielen gedrehten oder frei aus dem Blütenstand herausragenden langen Lippen bekommt eben die ganze Pflanze den bizarren Ausdruck. Dabei ist die Gesamtfärbung unansehnlich bleich. Freilich im einzelnen erkennt man auf der Innenseite der helmartig sich berührenden Perigonblätter purpurne Längsstreifen und purpurne Zeichnungen auf dem der Blüte zunächst liegenden, fleischigen Teil der Lippe. Aber im übrigen ist die Blüte weißlich oder bräunlichgrün. Besonders der dünne Teil, d. h. der untere und Hauptteil, der Lippe, dann die seitlich an der fleischigen Zone entlang laufenden krausen Anhänge und die darunter entspringenden auffälligen Seitenzipfel zeigen diese schmutzige, blaßbräunliche, bis ins Braunviolette übergehende Farbentönung.

Es ist klar, daß diese Ausbildung und Färbung nur aus der Beziehung zu Insekten zu verstehen ist. Vor allem aber wird auch der eigentümliche, bocksartige Geruch, den KERNER[2]) den paraffinoiden Düften angliedert, indem er wie bei *Orchis fragans* Kapronsäure als die Ursache annimmt, in ein Verhältnis zur Insektenwelt gesetzt werden müssen.

Es ließ sich von vornherein nicht von der Hand weisen, daß gerade der auffällige Bocksgeruch bei der Anlockung oder Fernhaltung bestimmter Insekten eine bevorzugte Rolle spiele. Die Farbe kann sicherlich keinerlei fernwirkende Anziehungskraft ausüben. Der Jenaer Standort bei Leutra liegt an einem sonnigen, leicht geneigten Südabhang. Der Boden ist humusuntermischter Kalkschutt, der von höher liegenden Muschelkalkschichten hier auf das Röth sich gelagert hat. Die Besiedelung ist nicht eben dicht. Neben weithinleuchtenden *Salvia pratensis* und *Onobrychis sativa* stehen *Thlaspi perfoliatum*, *Dianthus Carthusianorum* und sehr vereinzelt *Anemone silvestris*, *Falcaria Rivini* und *Ophrys muscifera* im lockeren Rasen. Dabei scheint der kalkige Untergrund überall durch. *Himantoglossum* ist — namentlich aus einiger Entfernung

1) L. JOST, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2. Aufl., S. 631.

2) KERNER VON MARILAUN, Pflanzenleben. II. Bd., Leipzig u. Wien 1891, S. 197.

— in dieser Umgebung bei lichtem Wetter äußerst leicht zu übersehen. Bei Beobachtungen mußte man also besonders auf die Wirkung des Duftes achten. Die auf Düfte leicht reagierenden Falter durften von vornherein bei der Bestäubungsverrichtung ausgeschlossen sein oder zum mindesten nicht als eigentliche Bestäuber in Frage kommen. Falterblüten unter den Orchideen haben gemäß dem dünnen Schmetterlingsrüssel sehr enge Eingänge zum Sporn, so *Orchis globosa*, *Anacamptis*, *Gymnadenia*, *Nigritella*, *Platanthera* — vgl. H. MÜLLER[1]) und P. KNUTH a. a. O. Der Sporn bei *Himantoglossum* ist weit geöffnet. Man durfte so einstweilen besonders Fliegen als Besucher mutmaßen.

Ich begann meine Beobachtungen den 5. Juni 1910 an einem sonnigen, heißen Tage in Gesellschaft meines Kollegen Dr. H. WEYLAND. Die Blüten waren geöffnet und dufteten stark; eine kleine Anzahl war schon befruchtet worden. Mehrmals am Tage, morgens $^3/_4 7$ bis $^1/_2 10$, mittags $11—12^1/_4$ und abends 5—7 wurden eine Reihe Pflanzen beobachtet. Der Insektenflug war äußerst lebhaft. Schon sehr bald wurde hier die Vorstellung erweckt, daß die Blüten von *Himantoglossum* den meisten Insekten gleichgültige Gegenstände seien. Keine der umherfliegenden Bienen oder Hummeln sah man in ihrem Wege irgendwie sich beirren lassen. Ja, auch keine der zahllosen Fliegen flog je an die Blütenstände heran. Die einzigen Gäste waren[2]): eine große Ameise (Formica rufa L.), die auf einer Pflanze umherlief, sogar krampfhafte Anstrengung machte, in den Sporn zu gelangen, und ein andermal die glänzende, feuchte Narbe ausfraß; fünfmal einer der zahlreich sich umhertreibenden Junikäfer (Phyllopertha horticola L.) in den Blütenständen auf- und niederkletternd, gelegentlich auch auf die Lippe steigend, selbst vor der Öffnung des Spornes sich bemühend, jedoch ohne des Nektars habhaft werden zu können. Auch rotgefleckte Kleinzirpen (Cercopis sanguinolenta Fabr.) und sehr kleine Käfer setzten sich manchmal auf *Himantoglossum* nieder. Dies war der Besuch während einer Beobachtungszeit von 6 Stunden! In allen Fällen hatte der Besuch durchaus das Gepräge des vollkommen Zufälligen.

Die Überzeugung, daß der Bocksgeruch, aber auch die Gestalt der Blüte, für die allermeisten Insekten weder ein Abschreckungs- noch ein Anlockungsmittel seien, wurde befestigt durch weitere Beobachtungen in diesem Jahre. Am 24. Mai fand ich etwa

1) H. MÜLLER, Alpenblumen und ihre Befruchtung durch Insekten. Leipzig 1881, S. 59 ff.

2) Die Bestimmung dieser und folgender Insekten verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn cand. rer. nat. E. URBAHN.

25 Blütenstände, durchweg mit geöffneten Blüten. Ich hielt mich von morgens 7 Uhr vier Stunden in ihrer Nähe auf. Das Wetter war allerdings ungünstig. Immerhin schwärmten seit 8 Uhr bei schwachem Sonnenschein Scharen von Fliegen umher, auch Bienen und Hummeln und vereinzelt die große Diptere Bombylius major L. und der Käfer Clythra laeviuscula Ratz. Aber nur kleine Ameisen krochen auf der Pflanze umher, gelangten auch mit Leichtigkeit in den Sporn und naschten Nektar.

Am 30. Mai war ich wieder, bei schwach sonnigem Wetter, morgens von 8—10 Uhr an Ort und Stelle. Vorher war die Luft kühl und wenig sonnig gewesen. Ich prüfte jetzt viele Blüten, nirgends fand ich die Pollinien fortgenommen. Auch heute flogen Bienen, kleinere Fliegen und der obengenannte Bombylius in unmittelbarer Nähe unbeeinflußt. Die weiteren Untersuchungen geschahen im botanischen Garten, nachmittags von 3 Uhr ab, bei ausgezeichnet warmem Sonnenschein an drei abgeschnittenen, gut aufgeblühten und stark duftenden Exemplaren. Die Pflanzen standen in Wassergläsern auf einer gemähten Rasenfläche, unmittelbar neben einer stehengebliebenen Grasinsel mit weitscheinenden *Leucanthemum vulgare* Lmk., darunter vereinzelten *Bellis* und einer lila blühenden *Vicia*-Art. Über den *Leucanthemum* war ein reges Leben. Besonders Honigbienen, Anthrena albicans, unzählige große und kleine Fliegen tummelten sich umher. Wie selten wurde *Himantoglossum* berücksichtigt. Einmal nur während zweier Stunden kreiste eine Biene (Apis mellifica) um eins der Exemplare, ward aber ganz offensichtlich durch das glänzend reflektierende Glas angezogen. Auch andere, niedere Apiden flogen einigemal wie zufällig heran, umkreisten die Blütenstände und gesellten sich dann, ohne sich zu setzen, wieder in das Blumenbeet, wo sie Bestäuber von *Leucanthemum* waren. Ganz kleine Tanzfliegen (Empis) ruhten öfters auf einem beliebigen Teile der Blüte aus. Fortwährend liefen kleine Ameisen (Lasius fuliginosus) auf der Pflanze umher, die vom Rasen aufgestiegen waren. Ich prüfte zwei dieser Ameisen unter dem Mikroskope vergeblich auf Pollen. — Am nächsten Tage, bei sehr sonnigem, beinahe windstillem Wetter, stellte ich die abgeschnittenen *Himantoglossum* wieder in die Nähe des Leucanthemenbeetes. Schon morgens um 9 Uhr war die Lufttemperatur 23 ° C. Von 8—10 beobachtete ich keinerlei Besuch. Nachmittags um 2 Uhr sah ich eine Apis mellifica herankommen, dann, ohne sich zu setzen, zu dem zweiten nahestehenden Blütenstande fliegen. Sie benahm sich sehr ungeschickt und kroch außen am Perigonhelm einer Blüte, um dann sich wieder fortzuwenden. Bis $^1/_2$4 Uhr

— so lange dauerte meine Beobachtung heute — ergab sich nichts Neues. Immer erwiesen sich mir gelegentliche Anflüge als durchaus zufällig. Was dabei besonders wichtig mir erschien, war, daß niemals die lange Lippenzunge als Anflugsstelle benutzt wurde. Apis flog kurz vor Beginn des Helmes auf den purpurgefleckten Teil der Lippe, ein andres Mal auf den Helm selber oder schließlich auf einen beliebigen Teil der Blüte. Auch Prosopis communis Nyl. und die Wespe Oxybelus uniglumis Fabr. verhielten sich ganz ebenso.

Geruch und Gestalt der Blüte waren durchaus gleichgültig für die angeführten Insekten oder jedenfalls insoweit, als sie nicht zum Suchen des Nektars und zur Bestäubung veranlaßten. So konnte noch mehr als im Anfang die Mutmaßung zu Recht bestehen, daß hier ein ganz bestimmter Bestäuber in Frage kommen müsse. Aber der besondere Bestäuber hatte sich indes auch gefunden. Schon 1910 fing ich bei Leutra eine Anthrena, die sich mit großer Selbstverständlichkeit an den Blüten von *Himantoglossum* zu schaffen machte, von einer Blüte noch in zwei andere Blüten flog und Nektar aus dem Sporn holte. Es war Anthrena carbonaria L. Dieselbe Anthrena fing ich später im botanischen Garten wieder, leider gleich darauf, als sie erst einen Sporn besucht hatte. Die Pollinien hatten sich nicht festgeklebt. Trotzdem möchte ich Anthrena carbonaria als Bestäuber ansprechen. Ich überzeugte mich nämlich, daß es sehr vom Zufall abhing, ob die Pollinien sich ansetzten oder nicht: scheinbar reife Pollinien kleben ihre Haftscheibe durchweg sehr schwer an Gegenstände, die man der Blüte einführt, wie ich selber oft probiert habe, heften sich aber ebenso auch an dies Insekt, wenn man es in die Blüte hineinhält.

Anthrena carbonaria L. (= A. pilipes F.) hat nach KNUTH (a a. O., S. 608) einen 3 mm langen Rüssel. Die gleiche Länge hat auch der Sporn von *Himantoglossum*. Die Bestäubung wird in ganz normaler Weise verlaufen. Wie ich mich des öfteren überzeugt habe, senken sich die Polliniensticle in ½ bis 3 Minuten. Sie bleiben niemals gerade, wie es M. MAETERLINCK in seinen bekannten Plaudereien über die „Intelligenz der Blumen“ mitteilt[1]). Die Pollenmassen kleben sehr gut auf der Narbenfläche.

Die einzige Nachricht, die wir bisher über die Bestäubung von *Himantoglossum* haben, stammt von HILDEBRAND[2]). Seine sehr

1) M. MAETERLINCK, Die Intelligenz der Blumen. Jena, EUG. DIEDERICHS. 1907, S. 43.

2) Tageblatt d. 44. Versammlung Deutscher Naturforscher u. Ärzte. Rostock 1871, S. 131, auch Botan. Zeitung 1871, S. 746.

kurze Notiz gibt ohne weitere Beifügung eine unbestimmte Apide an. Auch VON KIRCHNER (a. a. O. S. 279) rechnet *Himantoglossum* auf Grund seines Baues zu den Hymenopterenblumen.

Doch Anthrena carbonaria benutzte ebenfalls nicht die lange Lippenzunge als Anflugsort. Sie flog nach einigem Hin- und Herschwirren unmittelbar auf den rotgezeichneten Teil der Lippe, kurz vor den Perigonhelm. Wozu dient die Lippenzunge? Folgender einfache Versuch überzeugte mich, daß sie einen wirksamen Duftspender vorstellt. Ich zerschnitt eine große Anzahl Blüten in je 4 Teile: 1. in die bräunliche lange Lippenzunge, 2. die Nebenzipfel und die krausen Anhänge, 3. den gefleckten fleischigen Teil der Lippe und 4. den Perigonhelm. Diese Blütenteile wurden gesondert in vier verschließbare feuchte Glasgefäße verteilt. Schon nach 2 Stunden stellte sich beim Abheben des Glasverschlusses heraus, daß die Lippenzungen am stärksten riechen. Auch die Seitenzipfel mit den Anhängen dufteten einigermaßen. Den schwächsten Geruch entließen die Perigonhelme und die fleischigen Lippenteile. Nach 3 und 4 Tagen stellte sich der Unterschied noch bezeichnender heraus: die Lippenzungen und Seitenzipfel riechen sehr stark, die übrigen Blütenteile sehr schwach. Je länger die zergliederten Blüten aufbewahrt wurden, desto krasser wurde der Unterschied: nach 7 Tagen riechen die Helme so viel wie gar nicht, die Lippen dagegen noch immer stark; nach 13 Tagen ist nur bei den Lippen noch ein abgeschwächter Geruch verhanden.

Es fällt hierbei auf, wie lange bei *Himantoglossum* der Duft bewahrt wird. Noch deutlicher war dies bei Pflanzen, die, für das Herbar bestimmt, zwischen Fließpapier lagen. Hand in Hand damit ging ein Frischbleiben der Lippenzunge. Es ist erstaunlich, daß nach 40 Tagen die Lippen eines Exemplars sich noch feucht anfühlten und lebendigen Eindruck machten, während die Blätter und Stengel und die Perigonhelme der Blüte — doch nicht die Fruchtknoten! — vollkommen trocken aussahen. Freilich dufteten in diesem Falle die Lippen jetzt nicht mehr.

Ganz klar zeigt sich die Bedeutung der Lippe als Duftspender. Die Lippe in ihrer langgezogenen Zungenform erscheint besonders dazu angetan den Duft zu verstreuen. Die Seitenzipfel verstärken diese Wirkungsmöglichkeit. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhange die Form *thuringiaca* M. Sch., die nach SCHULZE, a. a. O., äußerst lange Seitenzipfel (ein halb bis ein drittel so lang als die Zunge) ausbilden soll und deshalb noch besser zur Duftspende geeignet sein muß. Es fragt sich, ob Anthrena carbonaria besonders auf Düfte reagiert und nicht wie die höheren Apiden

sich rein oder vornehmlich durch den Gesichtssinn zurechtfindet (vgl. hierzu vor allem DETTO[1]). Aber das ist wohl anzunehmen. Hinweise auf das Duftempfinden verwandter Arten sprechen dafür. So wird das honigduftende *Cypripedium Calceolus* von Anthrena-Arten, und zwar nur von diesen, erfolgreich besucht; vgl. H. MÜLLER[2]). Anthrena florea ist nach KERNER[3]) zeitweilig der einzige Besucher der in der Farbe unscheinbaren, aber schwach duftenden Blüten von *Bryonia dioica*. Besonders sprechen für den Geruchssinn von Anthrena die Versuche von ANDREAE[4]): er verdeckte die mattfarbenen *Reseda luteola*, die eifrig von Apis, Prosopis und Anthrena besucht wurden, mit dunkler Gaze und fand, daß jetzt — allein durch den Duft bewogen — nur noch Anthrenen und Prosopiden sich in derselben Zahl wie früher an die verdeckten Pflanzen heranmachten. Bei anderer Gelegenheit (ebenda, S. 23) beobachtete er deutlich, wie (nicht näher bestimmte) Anthrenen von Primelblüten angelockt wurden, die unter einer offenen Glasglocke hingen. Sie flogen indes nicht auf die leuchtenden Farben zu, sondern ohne weiteres — vom Dufte geleitet — in die Öffnung der Glocke. ANDREAE (S. 38) glaubt, die Anthrenen zusammen mit niederen Hymenopteren als Tiere ansehen zu dürfen, die in erster Linie von Düften geleitet werden beim Aufsuchen der Blumen und nur in nächster Nähe Farbe wahrnehmen können.

Jena, Botanisches Institut.

---

1) C. DETTO, Blütenbiologische Untersuchungen II. Flora 94, 1905.

2) H. MÜLLER, Die Befruchtung der Blumen durch Insekten. Leipzig 1873, S. 76.

3) KERNER VON MARILAUN, a. a. O. S. 201.

4) E. ANDREAE, Inwiefern werden Insekten durch Farbe und Duft der Blumen angezogen? Diss. Jena 1903, S. 31.

59. S. M. Wislouch: Thioploca ingrica nov. sp.

(Mit einer Abbildung im Text.)

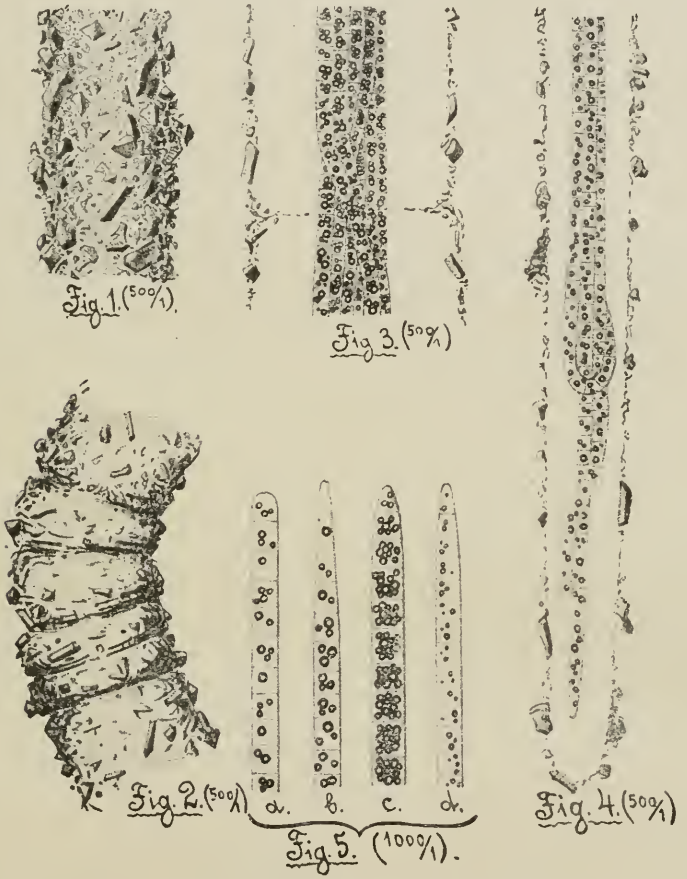
(Eingegangen am 22. September 1912.)

Die Familie der *Beggiatoaceae* (aus der Gruppe der Schwefelbakterien), die seit WINOGRADSKY nur zwei Gattungen: *Beggiatoa* und *Thiothrix* umschloß, wurde 1907 durch eine neue, von LAUTERBORN (1) aufgestellte Gattung *Thioploca* mit einer einzigen Art: *Thioploca Schmidlei* Lauterb. bereichert.

Die letztere Gattung unterscheidet sich von *Beggiatoa* hauptsächlich durch die Anwesenheit von dicken Gallertscheiden, welche Bündel von *Beggiatoa*-ähnlichen Fäden einschließen, welch letztere gewöhnlich in kriechender Bewegung begriffen sind. Sonst sind die *Thioploca*-Fäden sehr ähnlich denjenigen von *Beggiatoa* und unterscheiden sich von letzteren nur dadurch, daß bei *Thioploca* die Querwände zwischen den einzelnen Zellen stets gut sichtbar und die Fadenenden des öfteren zugespitzt sind. Ihrem allgemeinen Charakter nach weist *Thioploca* große Ähnlichkeit mit den Gattungen *Hydrocoleus* oder *Microcoleus* aus der Gruppe der blaugrünen Algen (Familie *Oscillariaceae*) auf, worauf bereits LAUTERBORN hinwies. Diese Ähnlichkeit gewinnt besonderes Interesse durch die Beobachtung des genannten Autors, das Protoplasma der einzelnen Zellen sei „von schwach bläulicher Farbe". Auf diese Weise liefert die neue Gattung einen weiteren Beweis von der allgemein anerkannten Verwandtschaft zwischen den Beggiatoaceen aus der Gruppe der Schwefelbakterien und den Oscillariaceen aus der Gruppe der blaugrünen Algen. Diese nahe Verwandtschaft wurde mir besonders einleuchtend, nachdem im August 1911 (2) ein neuer Vertreter der Gattung *Thioploca* von mir gefunden wurde, zu dessen Beschreibung ich jetzt übergehe.

Bei der Untersuchung von Schlammproben, die aus einer Tiefe von ca. 3—4 m in der Mündung der Neva (Grebnoi-Fahrwasser) entnommen waren, fielen mir dünne weiße Fäden auf, die eine Länge von ca. 1 cm nicht überschritten und in den oberen Schichten des an dieser Stelle ziemlich stark verunreinigten Schlammes oft vorkamen.

Unter dem Mikroskop erwiesen sich diese Fäden, bestehend aus ganzen Bündeln von schwefelführenden *Beggiatoa*-ähnlichen Fäden (Fig. 3—4), die von ziemlich starken, zuweilen faltigen Gallertscheiden umgeben waren und (innerhalb letzterer) eine



Thioploca ingrica nov. spec. Fig. 1 Gallertscheide von außen. Fig. 2 faltige Gallertscheide. Fig. 3—4 do. im optischen Schnitt. Fig. 5 verschiedene Fadenenden.

langsam kriechende Bewegung nach beiden Richtungen der Achse aufwiesen.

Die Anzahl der Fäden in jeder Scheide variierte in weiten Grenzen — von 1 (sehr selten) bis zu 10—20 Stück, wobei letztere Zahlen nur geschätzte sind, da eine direkte Zählung der Fäden im dichten Bündel außerordentlich schwierig ist. Die Zwischenwände

zwischen den einzelnen Zellen sind gut erkennbar, selbst bei Fäden, die mit Schwefelkörnchen dicht gefüllt waren (Fig. 3, 4, 5).

Die Fadenenden sind bald stumpf (Fig. 5a), bald zugespitzt (Fig. 5b, c, d), wobei es mir scheint, daß die stumpfen Fadenenden stets auf eine vorausgegangene Querteilung des Fadens schließen lassen. Alle diese Kennzeichen weisen auf die Zugehörigkeit des von mir gefundenen Mikroorganismus zur Gattung *Thioploca*; derselbe unterscheidet sich jedoch von der LAUTERBORNschen *Thioploca Schmidlei* durch seine wesentlich geringeren Maße:

	Thioploca Schmidlei	*Thioploca* nov. sp.
Länge der Gallertscheide . . .	einige cm	bis 1 cm
Durchmesser der Gallertscheide .	50—160 μ	bis 80 μ
Durchmesser der einzelnen Fäden	5—9 μ	2—4,5 μ
Länge der Zellen	5—14 μ	1,5—8 μ

Infolge obiger Differenzen in den Dimensionen sondere ich diesen Mikroorganismus als neue, untenstehend kurz charakterisierte Art ab, die ich *Thioploca ingrica* Wisl. (von: Ingrien — der alten Bezeichnung des Distrikts um St. Petersburg) nenne.

Thioploca ingrica (nov. sp.) Wisl.

Beggiatoa-ähnliche, bewegliche Fäden von 2—4,5 μ im Durchmesser, welche zu dichten Bündeln von 1—20 Stück (evtl. mehr) in Gallertscheiden vereinigt sind. Letztere können bis zu 80 μ im Durchmesser und 1 cm Länge erreichen und sind außen dicht bedeckt mit mineralischen Schlammpartikeln. Die Fadenenden sind bald stumpf, bald verschiedenartig zugespitzt (Fig. 5). Die einzelnen Zellen des Fadens — von $1^1/_2$ bis 8 μ lang — sind gut sichtbar. Vorkommen: in den oberflächlichen Schlammschichten der mehr oder weniger verunreinigten Stellen des östlichen Teils der Neva-Bucht. (Süßwasser.) Ökologisch [im Sinne von KOLKWITZ und MARSSON (3)] muß dieser Mikroorganismus zu den α- und β-Mesosaprobien gestellt werden.

Um die Zugehörigkeit des beschriebenen Mikroorganismus zu den Schwefelbakterien zu beweisen, wurden von mir einige Reaktionen ausgeführt, wobei es sich erwies, daß die tröpfchenartigen Zelleinschüsse sich restlos in Chloroform, Schwefelkohlenstoff und absolutem Alkohol lösten. Wenn man eine Anzahl von Fäden der *Thioploca ingrica* mit Osmiumsäuredämpfen fixiert, dieselben in

konzentriertes Glyzerin und darauf in alte Glyzeringelatine überführt, so krystallisieren in einem solchen Präparat nach ca. 1 bis 2 Monaten schöne rhombische Oktaëder und ganze Drusen aus, die für Schwefel charakteristisch sind und z. B. von MIYOSHI (4) und CORSINI (5) abgebildet wurden. Auf Grund dieses dürfte man es als bewiesen betrachten, daß die tröpfchenartigen Einschlüsse bei *Thioploca ingrica* wirklich die für Schwefelmikroorganismen so charakteristischen Schwefelkörnchen darstellen.

Was die von LAUTERBORN wahrgenommene „schwachbläuliche Färbung" des Zellplasmas anbetrifft, so war sie unter dem Mikroskop und bei Tageslicht auch bei *Thioploca ingrica* zu bemerken und konnte eher als „grünlichblau" bezeichnet werden. Bemerkenswert hierbei ist, daß die Farbe der durch Osmiumsäuredämpfe fixierten und in Wasser eingelegten Fäden von *Thioploca ingrica* in ein schwaches Gelblichgrün übergeht, ganz analog den typischen blaugrünen Algen, bei denen im getöteten Zustande der blaue Farbstoff (Phykocyan) sich im Wasser löst, während das wasserunlösliche Chlorophyll festgehalten wird und dadurch die charakteristische blaugrüne Färbung sich in eine gelblichgrüne verändert.

Das geschilderte Verhalten deutet augenscheinlich auf das Vorhandensein der für blaugrüne Algen charakteristischen Farbstoffe: Phykocyan und Chlorophyll — auch bei *Thioploca ingrica*. Wenn auch die Quantitäten der gespeicherten Farbstoffe unbedeutend sein mögen, so ist sowohl die ursprüngliche Färbung als auch der Farbwechsel gut wahrnehmbar. Die nahe Verwandtschaft zwischen *Thioploca* und den blaugrünen Algen findet mithin durch diese Tatsache eine neue Bestätigung nicht nur in morphologischem, sondern auch in physiologischem Sinne.

Der Umstand, daß die genannten Farbstoffe sich bei *Thioploca* trotz äußerer Lebensbedingungen (im Schlamm, wo die Farbstoffe eigentlich zweck- und funktionslos sind) erhalten haben, läßt darauf schließen, daß wir es mit einem phylogenetisch verhältnismäßig jungen Organismus zu tun haben, welcher — obgleich bereits den neuen Existenzbedingungen angepaßt — doch noch einige charakteristischen Eigenschaften seiner nächsten Verwandten, der blaugrünen Algen, beibehalten hat.

St. Petersburg, den 1. Juli 1912.

Wichtigste Literatur.

1. LAUTERBORN, R., Eine neue Gattung der Schwefelbakterien (Ber. d. Deutsch. Bot. Gesell., B. 25, 1907, S. 238).
2. S. M. WISLOUCH, Ein neuer Schwefelmikroorganismus aus der Neva: *Thioploca ingrica* (Russkij Wratsch, 1911, Nr. 51, Russisch).
3. KOLKWITZ, R., und MARSSON, Ökologie der pflanzlichen Saprobien (Ber. d. Deutsch. Bot. Gesell., B. 26a, 1908, S. 505).
4. MIYOSHI, M., Studien über die Schwefelrasenbildung und die Schwefelbakterien der Thermen von Yumoto bei Nikko. (Separatabdruck.)
5. CORSINI, A., Über die sogenannten „Schwefelkörnchen", die man bei der Familie der *Beggiatoaceae* antrifft (Cbl. f. Bakt., II. Abt, B. 14, 1905, S. 272—289).

---

60. L. Schkorbatow: Zur Morphologie und Farbstoffbildung bei einem neuen Hyphomyceten (Gemmophora purpurascens nov. gen. et spec.).

(Mit 3 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 2. Oktober 1912.)

Im Frühling des vorigen Jahres, während meiner Arbeit im Laboratorium der K. K. Wiener Universität, hatte ich die Möglichkeit gehabt, die Entwickelung eines Pilz-Organismus zu beobachten, der mir zufällig in zubereiteten Kulturen aufgefallen war. Der Pilz fiel leicht ins Auge seiner roten Farbe wegen. Als ich mich um nähere Auskunft an Herrn Professor MOLISCH gewandt hatte, bekam ich die Antwort, daß der Pilz sehr oft vorkommt und daß es ihm nicht gelungen war, ihn zu bestimmen, weil dem Pilze alle Fruktifikations-Organe fehlten. Ich hatte den Wunsch, die Bedingungen der Farbstoffentwickelung kennen zu lernen, und, um einige Auskunft über die systematische Stellung des Organismus zu bekommen, führte ich seitdem meine Kulturen mit vegetativem Mycel fort. Die Ergebnisse, welche mir bisher zu erhalten gelungen ist, können keineswegs erschöpfende genannt werden; ich habe die Absicht, ausführlichere Untersuchungen über die Natur des Organismus und seine Eigenschaften anzustellen; jetzt aber möchte ich einige nicht uninteressante Tatsachen veröffentlichen.

Der Mangel der Fruktifikation und die Bedeutung der letzteren für die Bestimmung des Organismus veranlaßten mich natür-

lich, die Kulturen auf verschiedenen Substraten bekannter, sowie unbekannter Zusammensetzung zu prüfen. Es war auch notwendig, einige physikalischen Faktoren, wie Temperatur, Feuchtigkeit, Licht usw., nicht außer Betracht zu lassen. Andererseits war es wichtig, um sich mit den Eigenschaften der Pigmente bekannt zu machen, die günstigsten Bedingungen für ihre Bildung zu finden und solche Kulturen zu erhalten, woraus der Farbstoff in möglichst reinem Zustand herausgezogen werden könne.

1. Morphologische Veränderungen des Organismus unter verschiedenen Kultur-Bedingungen.

Nachdem der Organismus aus der Luft in PETRIschalen aufgefangen war, wurde er unter günstigen Ernährungs-Bedingungen auf Agar-Pepton-Dextrin mit einer kleinen Quantität LIEBIGs Extrakt kultiviert (Agar 18 g, Dextrin 5 g, Pepton 5 g, LIEB. Extr.-Spur, Wasser 1000 g). Der Pilz bildete unter Purpurrotfärbung des Substrats ein zartes Mycelium aus, jedoch ohne Anzeichen irgendwelcher Fruktifikations-Art. Ungefähr dieselben Resultate konnte man bei dem Ersatz des Agars durch Gelatine erzielen. Bei der Plasmolyse gelang es zu konstatieren, daß der Farbstoff im Zellsaft aufgelöst ist. Die Kulturen auf den mit Pepton- und Dextrin-Lösung getränkten Gypsscheiben riefen eine kirschrote Farbe hervor; dabei entwickelte sich der Pilz ganz gut, wenn Feuchtigkeit vorhanden war. Durch Übertragung des Organismus auf Brot habe ich zuweilen charakteristische Anschwellungen bemerken können, welche zuweilen stark lichtbrechende Einschlüsse enthielten. Diese Anschwellungen entsprechen der Definition der Gemmen von ZOPF, welcher sagt: „Unter Gemmen im eigentlichen oder engeren Sinne sind zu verstehen Zellen mycelialer oder sonstiger Hyphen, welche Plasma, Fett, Glycogen usw. speichern auf Kosten benachbarter Hyphenteile, die infolgedessen ihren Inhalt z. T. oder auch ganz einbüßen. Zu jenem Hauptcharakter treten dann häufig noch Nebenmomente hinzu, wie mehr oder minder auffällige Vergrößerung und besondere Gestaltung der Zellen, Verdickung und Färbung derselben, sowie des Inhalts“ (SCHENK, Handbuch der Botanik — Die Pilze, von W. ZOPF). Diese Gemmen haben die Tendenz, eine endständige Lage einzunehmen, ohne dadurch das Weiterwachsen der Hyphen dauernd zu hemmen, wie es aus den beiliegenden Zeichnungen von Brot-Kulturen klar wird (Abb. I a—d). Sehr lehrreich ist hier die Gemme c, welche nur mittelst einer sehr dünnen Zelle mit dem erzeugenden Hyphenfaden in Verbindung steht. Auf der Abb. I

sind sehr junge Phasen der Entwickelung der Gemmen dargestellt; die letzteren sind mit Zellsaft angefüllt, in welchem hier und dort (s. Hyphe d) die Einschlüsse sich abzulagern anfangen; später sind diese Einschlüsse mehr bemerkbar, indem sie stärker das Licht brechen. Die Größe der Gemmen ist sehr verschieden, dem Lebensalter und der Qualität des Nährbodens gemäß; unter günstigen Bedingungen können die Gemmen etwa 40 μ und mehr erreichen. Kultiviert man den Organismus auf an anorganischen Salzen armen Böden, so entwickelt sich das Mycel schwach, verliert die Farbe,

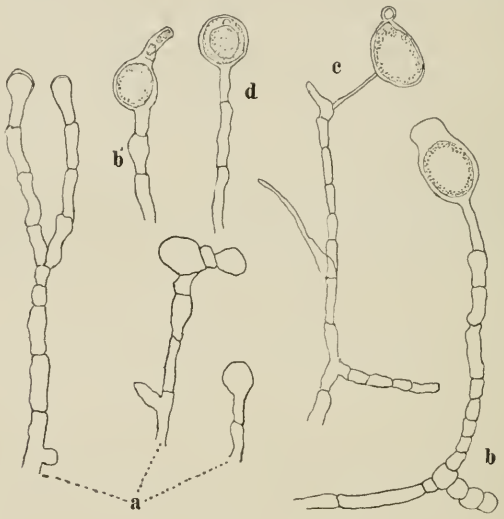


Abb. I.

die Zellen dehnen sich aus und bilden die elliptischen Gemmen mit großer Anzahl der Körnchen. Um die ausgebildeten Gemmen herum ist manchmal eine charakteristische Mycel-Spirale zu beobachten. Abb. II, 1 u. 2 stellen einen Teil eines monatalten Myceliums dar, welches unter solchen Bedingungen gezogen war. Äußerst zahlreiche und starke Gemmenbildung zu erzielen gelang mir durch die Kultur in Rohrzuckerlösung mit Mineralsalzen (KH_2PO_4 — 0,4 g, $MgSO_4$ — 0,2 g, Rohrzucker — 40 g, destilliertes Wasser 1 l), indem die Lufthyphen die auf Abb. II, 3 dargestellten Gemmen bildeten. Außer Gemmen, welche eine große Mannigfaltigkeit der Form und der Größe zeigen und sich leicht bilden, ist es mir, wenn auch sehr selten, gelungen, die Konidienbildung anzutreffen. Der Durchmesser dieser Konidien übertrifft

nie 8—10 μ. Die gelbbraunen Konidienhüllen sind mit sehr kleinen Wärzchen bedeckt; durch die Hülle gelingt es manchmal (in einem Glycerin-Tropfen) den rundlichen Inhalt zu sehen (Abb. II, 5). Die Konidien sind entweder auf die Spitze der Hyphen gesetzt oder auf der Seite der Mycelfäden entstanden, jedenfalls sind sie nicht scharf vom Mycel differenciert, und ihrer Befestigungs-Art

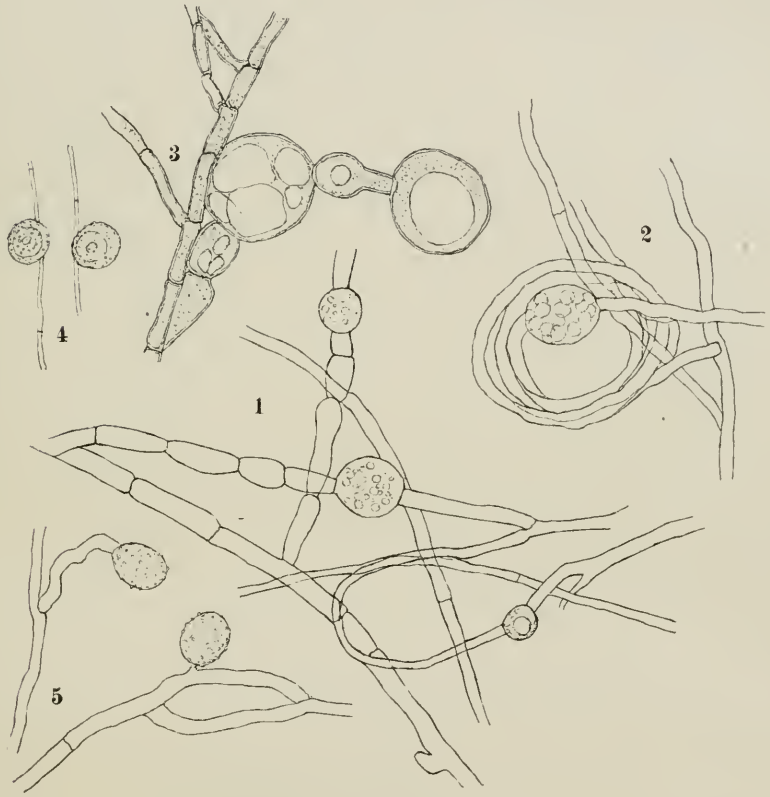


Abb. II.

nach müssen sie „sitzende“ genannt werden. Der beschriebene Organismus wurde im Laufe von 11 Monaten auf den verschiedensten Nährböden kultiviert, wie auf festen (Agar und Gelatine in der Kombination mit Pepton, Dextrin, Pflaumensaft und verschiedenen Salzen; Brot, Reis, Mist, faulenden Blättern, Möhre, Kartoffel, Filtrierpapier), wie auf flüssigen (gelösten: Pepton, Dextrin, Dextrose, Mannit, Glycerin und verschiedenen Salzen). Außer

Zimmertemperatur wurde auch ein Thermostat bei 28 ° C benutzt. Um den Einfluß der feuchten Atmosphäre auszuschließen, habe ich etwa 10 Tage dauernde Transpirationsversuche in ERLENMEYER-Kölbchen angestellt. Seiner oben beschriebenen morphologischen (Gemmen, Konidien), sowie physiologischen Merkmale

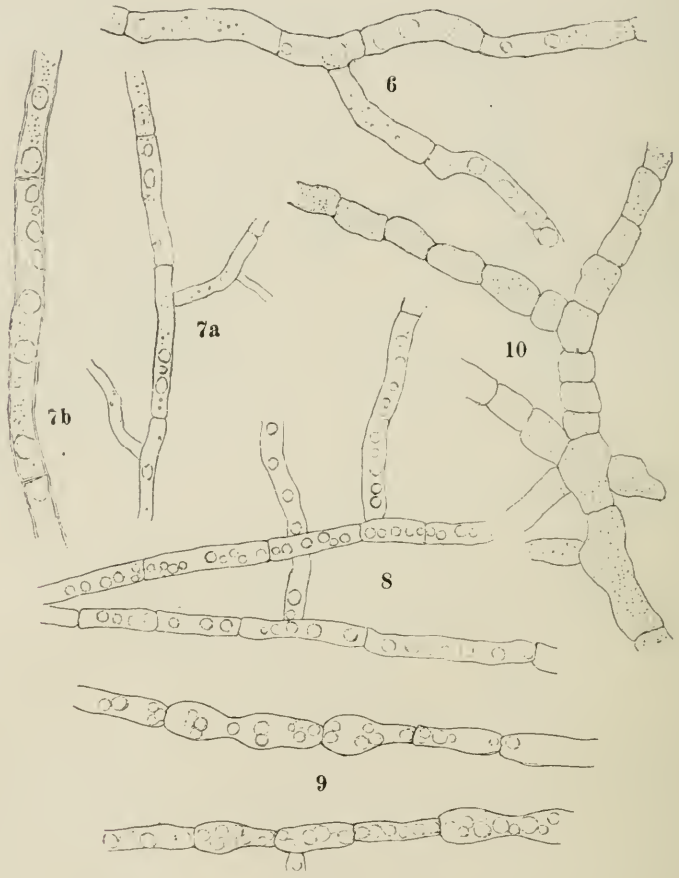


Abb. III.

wegen kann der Organismus ja provisorisch in die Fam. *Mucedinaceae* der Ordnung *Hyphomycetes* (*Fungi imperfecti*) placiert und in eine selbständige Gattung und Art *Gemmophora purpurascens* n. gen. et sp. ausgesondert werden. Der Gattungsname weist auf seine charakteristische Eigenschaft, die Gemmen hervorzubringen, hin, der Artname, auf die Fähigkeit, die rote Farbe auszuscheiden.

Es muß jedoch betont werden, daß es sehr wahrscheinlich ist, daß dieser Pilz nur eine Entwickelungsstufe eines unbekannten Organismus vorstellt, welchen es durch Reinkultur-Methode zu finden nicht gelungen ist.

In dem Äußeren der Zellen, ihrer Größe, in der Dicke und Farbe der Membran, sowie im Charakter der Vakuolen treten mit der Zeit bei *Gemmophora purpurascens* einige Veränderungen ein, welche überhaupt für das Mycel in der Periode seines Wachstums charakteristisch sind. Außer diesen Veränderungen treten auch andere, die ohne Zweifel von der Ernährungsart und den Bestandteilen des Bodens abhängen. Ähnliche Abhängigkeit hat auch KLEBS bei *Mucor racemosus* beobachtet (KLEBS 1896) und zwei charakteristische Mycel-Typen (Zucker- und Pepton-Mycel-Typen) festgestellt. Die Beobachtungen über *Gemmophora* machten es wahrscheinlich, daß man durch Gebrauch von Nährlösungen mit verschiedenen Bestandteilen eine größere Varietät solcher physiologischen Mycel-Typen hervorzurufen kann. Kultiviert man z. B. den Pilz in 1proz. Pepton- oder Dextrinlösung, so bekommt man ein zartes Mycelium mit einem feinkörnigen Protoplasma und einer großen Anzahl Vakuolen (s. Abb. III, 6 u. 7). Der Zucker beeinflußt in höchstem Grade den Habitus der Zellen: die Zelle wird dichter und mit stark lichtbrechenden Körpern angefüllt. Vgl. Abb. III, 8 u. 9, wo das Mycel in der Lösung von gewöhnlichen Mineralsalzen mit 1 pCt. (Abb. III, 8) und 4 pCt. (Abb. III, 9) Zucker kultiviert war. Ist aber der Zucker durch Citronensäure ersetzt, so wird das Wachstum sehr verzögert, die Länge der Zellen verkleinert sich, und der Inhalt der Zellen nimmt das Aussehen einer homogenen Masse an (vgl. Abb. III, 10). Bei allen erwähnten Kulturbedingungen ist das in flüssiger Substanz eingetauchte Mycel gewöhnlich farblos, und nur mit der Zeit fängt es an, bräunlich zu werden; das letzte kann als Merkmal des eintretenden Alters dienen. Der Habitus des Mycels entspricht einer bestimmten Nährlösung, bleibt aber dabei unverändert. Die erwähnten Tatsachen können gewiß die beobachteten Fälle nicht erschöpfen; aber eine ausführlichere Mitteilung derselben wäre eine specielle Aufgabe der Forschung.

2. Die Bedingungen der Farbstoffbildung.

Die Farbstoffbildung trifft, wie erwähnt wurde, in allen Fällen genügender Ernährung ein, unter einigen Bedingungen aber ist sie sehr intensiv ausgeprägt. Die Aufgabe, solche Be-

dingungen zu untersuchen, war dadurch erleichtert, daß beträchtliche Pigmentbildung auf Agar-Pepton-Dextrin schon vorhanden war; es war zu entscheiden, mit welcher von diesen Verbindungen die Entstehung des Pigments zusammenhängt. Es waren die Kulturen angestellt auf: 1. reinem Agar, 2. Agar-Pepton, 3. Agar-Dextrin; in 4. Dextrinlösung, 5. Peptonlösung, 6. Pepton-Dextrinlösung. Die Resultate waren folgende: Auf reinem Agar entwickelte sich das Mycel sehr schwach und bildete kein Pigment; auf Agar-Pepton entwickelte sich das letzte merklich, am intensivsten aber war der Farbstoff auf Agar-Dextrin vorhanden. In löslichen Kulturen hat das eingesenkte Mycel keinen Farbstoff produciert und nur die Lufthyphen und die ihnen benachbarten waren rot geworden. Daraus folgte nun klar, daß Dextrin-Ernährung bei freiem Luftzutritt der Pigmentbildung sehr günstig ist. Um sich davon zu überzeugen, habe ich die Kulturen auf mit 1 proz. Dextrinlösung angefeuchtetem Filtrierpapier angestellt. Die Farbe war sehr intensiv ausgebildet und das Papier war mit ihr durchtränkt. Das Zufügen von Peptonlösung erhöhte noch die Farbstoffbildung. Dabei konnte man die gewünschten Resultate nur unter Benutzung der für die chemische Analyse gebrauchten Filter erlangen (die Filter von C. SCHLEICHER & SOHN). Auf dem gewöhnlichen Filtrierpapier dagegen trat bald die Verbräunung der Hyphen und die Veränderung des Farbstoffes ein; letzteres war besonders leicht zu erzielen, wenn die Kulturen im Thermostat bei 28 ° C placiert waren. Für die Entscheidung der Frage, ob das Licht für die Pigmentbildung von Bedeutung sei, wurden einige Kulturen vorbereitet, welche gleichzeitig im Licht, im Dunkeln und unter SENEBIERschen Glocken gehalten waren. Der Farbstoff entwickelte sich überall vortrefflich. Die durch die beschriebene Methode erhaltene Farbe ist leicht mit Wasser oder wässerigem Alkohol auszuziehen. In absolutem Alkohol ist der Farbstoff schwer löslich; in Chloroform, Benzin, Benzol, Xylol ist er ganz unlöslich. Wässerige und alkoholische Lösung im durchfallenden sowie reflektierten Licht ist karminrot: die Fluoreszenz fehlt. Unter dem Einfluß der Erwärmung verändert sich der Farbstoff schwach. Als eine charakteristische Eigenschaft des Farbstoffs ist seine Widerstandsfähigkeit gegen Säuern und Laugen anzusehen. Bei Einwirkung von Essig- und Schwefel-Säure oder Natronlauge, wenn auch in starker Concentration, verändert sich die Farbe zuerst schwach; bei Überschuß derselben tritt endlich eine starke Veränderung ein; die Farbe wird gelb und bleibt so konstant bei der Wirkung der Säuren auf alkalische Lösungen, sowie umgekehrt. Der Alkohol-

Extrakt hält sich im Dunkeln längere Zeit (ungefähr eine Woche), im Licht entfärbt er sich schneller.

Durch spektroskopische Untersuchung kann man nichts charakteristisches bemerken: man beobachtet eine gleichmäßige Absorption und bei einer genügenden Dicke der Flüssigkeitsschicht sind nur rote, gelbe und ein Teil grüner Strahlen des Spektrums zu sehen. Wird die Gesamtheit der beschriebenen Eigenschaften zusammengefaßt, so ist kein Grund, das untersuchte Pigment irgendeinem der von ZOPF geschilderten Farbstoffe zuzuzählen (ZOPF, Die Pilze 1890). Auch mit den von A. BESSEY untersuchtem bei *Fusarium*, sowie mit allen in seinem Werke angeführten Farbstoffen stimmt es gar nicht überein (BESSEY 1904); ebensowenig ist es dem von M. MEDISCH (1910) erwähnten Farbstoff bei *Hypocrea rufa* ähnlich. Es ist also nicht ausgeschlossen, daß das untersuchte Pigment ein Farbstoff sui generis sei. Zum Schluß will ich hinzufügen, daß *Gemmophora purpurascens* mir durch sein Verhalten zum Dextrin als Nährsubstrat von Interesse schien. In 1proz. Lösung des käuflichen Dextrins entwickelte sich der Pilz vortrefflich und bildete hübsche klumpenartige Kolonien. Man konnte a priori voraussetzen, daß Dextrin eine genügende Quantität von zugänglichem Stickstoff enthielt. Da aber in der letzten Zeit verschiedene Untersuchungen erschienen, welche bei den Pilzen die Möglichkeit der Assimilation von atmosphärischem Stickstoff beweisen (K. PURIEWITSCH 1895. CH. TERNETZ 1907, H. FROELICH 1908. STAHEL 1911), so habe ich meinerseits eine entsprechende Untersuchung an *Gemmophora* unternommen. Die Resultate sind negativ ausgefallen: 1 g des käuflichen Dextrins enthielt etwa 2,4 mg N; und diese Quantität ist ganz genügend, um in einer 1proz. Lösung ein mächtiges Mycel auszubilden. Ich habe ein solches Mycel nach ersten Anzeichen des Absterbens der Zellen untersucht (bei 10tägigen Kulturen): der Pilz benutzte aber etwa die Hälfte des zu seiner Verfügung stehenden Stickstoffs.

Ich halte es für meine angenehme Pflicht, meinen verbindlichsten Dank dem hochgeehrten Prof. Dr. HANS MOLISCH auszusprechen für seine Ratschläge und Winke während meines Aufenthalts in seinem Laboratorium. Außerdem danke ich folgenden Personen, die mir bei einer Arbeit in liebenswürdiger Weise behilflich waren: Herrn Prof. Dr. ARNOLDI, dank welchem es mir möglich war, in vorgenommener Richtung zu arbeiten; Herrn Prof.

KORSCHUN, der mir Reagentien und Instrumente für analyt. Untersuchungen zur Verfügung stellte; Herrn Prof. Dr. BJELOUSOW für seine Ratschläge während der Spektralanalyse und Herrn Dr. MEDISCH für seine nützlichen Ratschläge.

Botanisches Institut der Universität Charkow. Mai 1912.

Benutzte Literatur.

BESSEY, E. A., Über die Bedingungen der Farbbildung bei *Fusarium*. Flora 1904, Bd. 93.

FROELICH, H., Stickstoffbildung durch einige auf abgestorbenen Pflanzen häufige Hyphomyceten. Jahrbüch. f. wiss. Bot. 1908.

KLEBS, G., Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen. 1896.

KÜSTER, E., Anleitung zur Kultur der Mikroorganismen 1907.

LAFAR, Fr., Handbuch d. Technischen Mykologie, Bd. IV.

LINDAU, G., *Fungi imperfecti* — RABENHORSTs Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich u. d. Schweiz — Die Pilze.

MEDISCH, M., Beiträge zur Physiologie der *Hypocrea rufa* (Pers.), Jahrb. f. wiss. Bot. 1910.

PURIEWITSCH, K., Über Stickstoffassimilation bei den Schimmelpilzen. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. 1895, Bd. XIII.

TERNETZ, Charlotte, Über Assimilation des atmosphärischen Stickstoffes durch Pilze, Jahrb. f. wiss. Bot. 1907.

STAHEL, G., Stickstoffbildung durch Pilze bei gleichzeitiger Ernährung mit gebundenem Stickstoff. Jahrb. f. wiss. Bot. 1911.

ZOPF, W., Die Pilze. — SCHENK, A., Handbuch der Botanik 1890.

61. M. Nordhausen: Über Sonnen- und Schattenblätter.

(2. Mitteilung.)

(Eingegangen am 5. Oktober 1912.)

In einer früheren Mitteilung hatte ich feststellen können, daß bei baum- und strauchartigen Gewächsen die Ausbildung von Sonnen- und Schattenblattmerkmalen nicht allein durch die augenblicklich einwirkenden, äußeren Faktoren — Licht und Transpiration — sondern auch durch Nachwirkungen von früheren Vegetationsperioden her bedingt wird[1]). Dies kann zur Folge haben, daß die Blätter unter gewissen Umständen, namentlich bei einem Wechsel der äußeren Bedingungen, d. h. Licht und Schatten ihrer Form und Struktur nach in einem gewissen Mißverhältnis zu jenen stehen. Indem ich seitdem die Frage nach den Ursachen der Licht- und Schattenmerkmale an den gleichen Objekten dauernd im Auge behielt, strebte ich vor allem danach, ähnlich wie bisher im Experiment in der freien Natur weitere Gegensätze zwischen äußeren Bedingungen und Blatt-Struktur aufzufinden. Tatsächlich gelang dies in zwei Fällen: Einmal zunächst bei einem Vergleich der einzelnen, speziell oberen und unteren Blätter der gleichen Sproßachse, ferner im engen Zusammenhange hiermit, bei einer Gegenüberstellung von Keimpflanze und erwachsenem Baum.

Mein Manuskript war auf Grund vorjähriger und einiger diesjähriger Beobachtungen gerade fertiggestellt, als in der Flora eine Arbeit von SCHRAMM erschien, die, auf sehr eingehenden und sorgfältigen Beobachtungen an Keimlingen fußend, zu im Prinzip gleichem Resultate gelangte. Unter diesen Umständen erschien

1) Herrn Prof. MAC-LEOD verdanke ich die nachträgliche Kenntnis einer schwer zugänglichen Studie von DE BOIS, die gleichzeitig mit meiner ersten kurzen Notiz (1901) an der Buche die gleiche Frage mit ähnlichem Resultat, wie ich es später (1903) auf breiterer Basis darstellte, behandelt. Dieses Resultat ist eigentlich merkwürdig, da DE BOIS von der veralteten, unzutreffenden Voraussetzung ausgeht, daß Licht- und Schattenblätter lediglich quantitativ voneinander verschieden sind und so z. B. die ersteren ihm auch als die größeren gelten. Dem entsprechen nicht immer einwandfreie Versuche, z. B. wenn durch starkes Zurückschneiden benachbarter Zweige Schattensprosse im Innern der Baumkrone besserer Beleuchtung zugänglich gemacht, aber natürlich auch in ihren Ernährungsverhältnissen in unzulässiger Weise verändert werden.

mir eine Kürzung des Textes speziell des auf Keimpflanzen bezugnehmenden Teiles unerläßlich, eine Veröffentlichung desselben aber schon durch die verschiedenartige Behandlung des Themas gerechtfertigt.

Auf eine vollständige Charakteristik der Licht- und Schattenblattmerkmale einzugehen, dürfte sich mit Rücksicht auf die bekannte neuere Literatur (KNY, SCHUSTER, SCHRAMM) erübrigen, zumal ich mein Augenmerk in Anbetracht der sehr zahlreichen Einzelprüfungen nur auf die wichtigsten richtete. Neben auffälligeren Formverhältnissen der Blätter wurden die relative Größe der Adermaschen[1]), die Blattdicke, Strukturverhältnisse der Epidermis-, Palissaden- und Schwammparenchymzellen bzw. der Intercellularen berücksichtigt. Absolute Messungen wurden regelmäßig nur bei der Blattdicke und den einzelnen Palissaden und angrenzenden Schwammparenchymzellen gemacht. Alle Beobachtungen beziehen sich auf gleiche Stellen des Blattes, nämlich die Mitte einer Blatthälfte[2]).

I.

Schon ein flüchtiger Vergleich der Blätter ein und desselben Sprosses belehrt uns, daß diese nicht nur in ihrer Form schlechthin voneinander abweichen, sondern gewisse gesetzmäßige Veränderungen erkennen lassen. Am auffälligsten ist das Größenverhältnis: Mit einem Minimum beginnend, steigt dasselbe von der Sproßbasis nach der Spitze zu bis zu einem Maximum, um darüber hinaus eventuell wieder etwas zu sinken. Parallel gehen dem meist qualitative Veränderungen: Nach der Blattbasis zu ist die Gliederung der Blätter meist, wenn auch nicht ausnahmslos, eine einfachere (cf. SCHÄFER); sie können dort leicht vergänglich und rudimentär sein und vermitteln nicht selten den Übergang zu den Knospenschuppen. Abgesehen von letzteren uns hier nicht weiter interessierenden Zwischenformen zeigen aber auch die typischen Laubblätter in anatomischer Beziehung deutliche Verschiedenheiten. Nach unten zu herrscht die Tendenz zur Ausbildung von Schattenblattmerkmalen vor und zwar derart, daß bei sehr intensiver Besonnung ihr Bau einem mäßig hellen Standort entspricht, während

1) Die Blattstücke wurden bei durchscheinendem Licht nebeneinander gehalten und mit bloßem oder mit der Lupe bewaffnetem Auge geprüft.

2) Gegenüber SCHRAMM kann ich in dem Ausschluß weiterer zeitraubender Messungen keinen Nachteil erblicken. Solche bringen allzu leicht die Gefahr mit sich, daß die Zahl der untersuchten Blätter nicht hoch genug ausfällt, um individuelle Abweichungen hinreichend auszuschalten.

bei mittlerer Beleuchtung oder im Schatten sie typische bis extreme Schattenblätter repräsentieren. Typische Sonnenblätter findet man nur in den oberen Sproßteilen. Zunächst dürfte diese Tatsache durchaus selbstverständlich erscheinen, da an radial nach außen strebenden Ästen oder bei reichlicher Verzweigung die Sproßbasen in der Baumkrone versteckt liegen bzw. durch die Blätter der Nachbarzweige beschattet werden. Gerade die Gesetzmäßigkeit dieses Vorkommnisses rief aber bei mir den Verdacht rege, daß hier ähnlich wie bei typischen Schatten- und Sonnensprossen neben äußeren auch innere Ursachen mitwirken. Tatsächlich liegen die Verhältnisse auch etwas anders.

Die fertige Lichtlage der Blätter ist zwar für die Ökologie der Pflanze von höchster Bedeutung, kausal aber für deren eigene Ausbildung nicht allzu wichtig. Der für die Einwirkung äußerer Faktoren günstigste Zeitmoment liegt, wie wir früher sahen (N. II), in einem weit zurückliegenden Jugendstadium der Blätter, wo die Beleuchtungsverhältnisse in der Baumkrone noch an den unbelaubten Winterzustand erinnern, d. h. schärfere Beleuchtungsgegensätze zwischen innen und außen sehr gemildert sind und bei kleinen räumlichen Differenzen ganz fehlen. In gleichem Sinne wirkt meist der Entfaltungsmodus der Blätter. Ich erinnere nur an die Ulme und Buche: Die ausgeprägte Nutation der Sproßgipfel bewirkt, daß die jüngsten Blätter der intensiven Beleuchtung entzogen werden, während die älteren Blätter der Sproßbasis eine relativ günstigere Beleuchtung genießen, als sie sie später wirklich vorfinden[1]). Nun lassen sich aber fast stets an Bäumen und Sträuchern solche Sprosse auswählen, die unter Berücksichtigung des Blattentfaltungsmodus (cf. HINZE) in früherem wie in späterem Stadium einen wesentlichen Beleuchtungsunterschied, speziell eine Benachteiligung der Sproßbasis durch Beschattung ausschließen. Vor allem sind dies solche Sprosse, die senkrecht zum stärksten Lichteinfall sich einstellend möglichst frei in horizontaler Richtung und tangential zur Krone verlaufen. Bisweilen bot auch eine Kombination eng benachbarter Sprosse einen Vorteil, indem die unteren Blätter des einen mit den oberen des anderen Sprosses verglichen wurden, was übrigens stets besonders hervorgehoben werden wird. Um ganz sicher zu gehen, wurden in allen wichtigeren Fällen, wo nicht anders bemerkt, gleichzeitig photo-

1) Durch den Wechsel der Jahreszeit bedingte Helligkeitsunterschiede spielen übrigens bei der Schnelligkeit der Laubentwicklung keine Rolle. Bezüglich krautartiger Gewächse vergl. hierüber YAPP.

metrische Messungen vorgenommen[1]). Dies geschah in der Weise, daß kleine Blättchen photographischen Papieres auf die zu vergleichenden Blätter geklebt und bei bedecktem Himmel in den mittleren Tagesstunden dem Lichte ausgesetzt wurden. Der Verlauf der ganz allmählich eintretenden Bräunung zeigte an, ob Helligkeitsunterschiede existierten oder nicht. Die Probe galt als befriedigend, wenn Unterschiede fehlten oder, was häufig genug eintrat, die Basalblätter sich als die besser beleuchteten erwiesen. Wird schließlich die Bedingung eingehalten, daß die Blätter nur kurz gestielt sein dürfen[2]) und während ihrer Einstellung zum Licht daher keine größere Ortsveränderung durchmachen, ferner daß nur gleichartig orientierte Blätter, die direkt auf kürzestem und schnellstem Wege ihre Lichtlage einnahmen, zur Beobachtung gelangten, so dürften irgend wie erhebliche Fehlerquellen ausgeschaltet sein. Alle diese Maßnahmen boten gleichzeitig eine Gewähr, daß die mit der Beleuchtung meist parallel gehenden Feuchtigkeitsverhältnisse der Luft keine größeren Verschiedenheiten aufwiesen, die im einzelnen natürlich nicht nachgeprüft werden konnten.

Die Untersuchungsobjekte hatten naturgemäß den vorstehenden Bedingungen zu genügen; durch Ausnutzung gewisser individueller Eigentümlichkeiten war es aber möglich, die Zuverlässigkeit der Beobachtungsresultate noch weiterhin zu steigern. Hiernach möchte ich drei Gruppen von Pflanzen unterscheiden. Zu der ersten rechne ich einige Bäume und Sträucher, deren Blätter sich dem Licht gegenüber gut in einer Ebene anordnen, sei es daß sie von vornherein zweizeilige Stellung aufweisen wie bei *Fagus sylvatica*, *Ulmus montana* und *campestris*, *Ostrya carpinifolia* oder bei dekussierter Stellung durch Torsion der Internodien sehr schnell eine solche annehmen: *Evonymus alata*. Letzterer auch für die später zu erwähnende Esche gültige Fall bot noch den Vorteil, daß zur Kontrolle das opponiert stehende Blatt, das ja auf dem entgegengesetzten Wege in die Lichtlage gelangt war, verglichen werden konnte, ohne allerdings bemerkenswerte Unterschiede zu zeigen. Die zweite Gruppe umfaßt einige Trauerbäume: *Fraxinus excelsior*

1) In tiefem Schatten erwiesen sich Lichtmessungen meist als unnötig, da hier die gleichmäßigeren Beleuchtungsverhältnisse sich leichter beurteilen lassen. Im übrigen kamen unter genannten Umständen Blätter bzw. Sprosse aus größerer als ca. 2,5 Meter Höhe über dem Erdboden für gewöhnlich nicht in Betracht. Ausnahmen werden besonders genannt werden.

2) Für die Esche wurde hierin aus später zu nennenden Gründen eine Ausnahme gemacht.

	1	2	3	4	5	6	7			8	
Name	Nummer	Beleuchtung	Sproßart	Blatt-Nummer	Blattdicke in μ	Zahl der Palissadenreihen	Dicke des Palissadengewebes in μ bzw. Zellängen der oberen (a) und unteren (b) Reihe			Blattdicke	Palissadenschicht
							a	b			
Evonymus alata	1 a	h	l	n −1	208	2—3	72	36		1,9	
	b	„	k	1	130	1	44	(18)		3	(2)
	2	h	l	n−1	220	2	86	38		1,8	
		„	„	1	164	1--2	44	24	(24)	3,8	(2,4)
	3	s	l,k	—	120	1	26	(18)		4,6	(2,7)
Fagus sylvatica	1	h	l	n—3	180	2	60	40		1,8	
		„	„	1	140	1—2	48	24	(24)	2,9	(1,9)
	2 a	„	l	n—2	160	2	48	32		2	
	b	„	k	1	124	1—2	36	24	(24)	3,4	(2)
	3	s	l	n	134	2	36	28		2	
		„	„	1	92	1	36	(16)		2,6	(1,8)
Ulmus campestris	1 *	h	l	n (18)	200	1—2	96			2	
		„	„	4	260	„	112			2,3	
		„	„	1	200	„	76			2,6	
	2 *	s	l	n (5)	92	1 (2)	32			2,8	
		„	„	4	104	„	38			2,7	
		„	„	2	116	„	40			2,9	
		„	„	1	92	„	26			3,5	
Salix pentandra	1	h	l	n—3	192	2 (3)	60	40		1,9	
		„	„	n—5	168	2	52	40		1,8	
		„	„	1	160	2	40	28		2,4	
	2 *	h	l	n (16)	280	3	172			1,63	
		„	„	n—5	240	3	146			1,64	
		„	„	1	180	2	94			1,9	
	3 *	s	l	n—1	148	2	44	24	(24)	3,4	(2,2)
		„	„	1	132	2	28	„	„	4,7	(2,5)
Spiraea Douglasii (Bastard)	1	h	l	n—2	157	2 −3	88			1,6	
		„	„	1 (n = 19)	112	1 (2)	40			2,8	
	2	s	l	—	110	1 (2)	45			2.5	
Quercus pedunculata	1	h	l	n− 5	160	2	56	28		1.9	
		„	„	1	124	2− 1	38	22	(22)	3,3	(2)
		„	„	n'−4	156	2	56	26		1,9	
	2*a	s	l	n	130	2	40	24		2	
	b	„	k	1	88	1	28	(14)		3,1	
Fraxinus excelsior var. *pendula*	1	h	l	n	186	2	56	40		1,9	
		„	„	1	126	1—2	40	(20)		3.1	(2,1)
	2	s	l	—	118	1− 2	28	24	(24)	4,2	(2,2)
Ulmus montana var. *pendula*	1	h	l	n	184	2—1	96			1,9	
		„	„	n—1	176	„	80			2.2	
		„	„	1	156	1 (2)	56			2,8	
	2	s	l	—	112	1 (2)	40			2,8	

var. *pendula*, *Ulmus montana* var. *pendula* und *Salix babylonica*. Deren z. T. fast lotrecht hängende Sprosse erfüllten die Bedingungen der Beleuchtung besonders leicht; der Regel nach erwiesen sich die Basalblätter sogar als die erheblich besser belichteten, was natürlich bei Beurteilung der Befunde wohl zu berücksichtigen ist. In der dritten Gruppe sind Pflanzen vereint, deren meist recht zahlreiche Blätter $^2/_5$—$^3/_8$-Stellung aufweisen, wie z. B. *Spiraea Douglasii* (Bastard), *Salix pentandra*, *Quercus pedunculata*, *Salix alba* und *babylonica*. Deren Blätter sind nicht in einer Ebene angeordnet und nehmen z. T. sogar nur unregelmäßige Flächenstellung dem Licht gegenüber ein, besonders gilt dies von den zuletzt genannten Arten. Da hier die Blätter auf der vom Licht abgekehrten Seite stets etwas beschattet sind, war eine Auswahl gleichartig orienterter Blätter besonders am Platze. Bemerkenswerterweise zeigte sich aber der Einfluß der direkten Beschattung in den meisten Fällen so geringfügig, daß er ganz vernachlässigt werden konnte.

Über die Befunde gibt die vorstehende Tabelle, in welcher eine kleine Auswahl von Beispielen zusammengestellt ist, nähere Auskunft. Weitere Erläuterungen schließen sich hier an.

Zur Erklärung der Tabelle: Es bedeuten h = hell, s = schattig, l — Lang-, k = Kurztrieb, n = letztes Blatt, n—1 vorletztes Blatt usw. Ein Strich in Spalte 4 besagt, daß Mittelwerte aus mehreren Blättern genommen wurden. — Jeder Nummer in Spalte 1 entspricht 1 Sproß, nur ausnahmsweise sind als a und b 2 Sprosse einander gegenübergestellt worden. Ein Sternchen daselbst bedeutet, daß eine photometrische Messung zwar nicht vorgenommen ist, aber gleichwertige Resultate an gemessenen Sprossen sonst vorliegen. (Bezüglich *Ulmus campestris* vgl. den Text)

Spalte 7 enthält die Dicke des Palissadengewebes und zwar meist die Zellängen der oberen und unteren Schicht gesondert berechnet. Die Klammern in der zweiten Unterspalte besagen, daß die betreffenden Zellen durch ihre geringe Längsstreckung bzw. durch ihre Querausdehnung in Verbindung mit lockerer und unregelmäßiger Anordnung nicht oder nicht mehr als Palissaden gerechnet werden können (meist liegt bei 24 μ die Grenze). Da nämlich die Reduktion des Palissadengewebes bzw. der Übergang zum Schwammparenchym durch Beschattung usw. sich ganz allmählich vollzieht, derart, daß gegebenenfalls die Zellen der zweiten Reihe immer kürzer, schließlich rund und zuletzt quergestreckt erscheinen, alle Formen aber gleichzeitig im selben Blatt vereint sein können, so verändert sich bisweilen das Dickenverhältnis von Blatt und Palissadenschicht (Quotient in Spalte 8) sprungweise. Zur Vermeidung von Willkürlichkeiten wurde daher verschiedentlich ein weiterer Quotient in Klammern beigefügt, bei dessen Berechnung die zweite Reihe ganz unabhängig von ihrer Form und Zugehörigkeit zum Palissadengewebe mitgezählt wurde. Dessen Werte schwanken naturgemäß viel weniger.

1. *Evonymus alata.*

Die stets dorsiventralen Sprosse dieses ca. 2 Meter hohen Strauches sind mit ihren Blättern und Verzweigungen sehr schön flächenförmig angeordnet.

Auf die untersten, schuppenförmigen und schnell vergänglichen Blätter, aus deren Achseln Blütenstände hervorgehen, folgen zunächst kleinere, dann größere Laubblätter. Die ersten von diesen unterscheiden sich von einem der letzten vor allem durch Reduktion der Gesamtdicke und noch mehr der Palissadenschicht. Bei den oberen Blättern im Hellen 2-, durch Teilung der oberen Zellage sogar häufig 3schichtig, erweist sich die letztere bei den ersten Sonnenblättern sowie allgemein im Schatten als 1schichtig, bisweilen nur mit Andeutungen einer zweiten Reihe. Die Aderung ist durchweg äußerst sparsam und der undeutlichen, nicht geschlossenen Maschen wegen schwer vergleichbar, jedoch bei den 1-Blättern der Sonnenprosse offenbar ebenso wie im Schatten lockerer als bei den folgenden. Im Schatten ist der Unterschied zwischen 1- und n-Blatt nur sehr gering, immerhin sind die ersteren extremer gebaut. Übrigens scheinen die Kurztriebe für eine schärfere Ausprägung von Schattenblattmerkmalen besser disponiert.

2. *Fagus sylvatica.*

Neben der Stammform wurde auch die Blutbuche untersucht, deren Rotfärbung bekanntlich für die Beurteilung direkter, lokaler Beleuchtungsverhältnisse wertvoll ist. Da die bei sehr heller Beleuchtung sich zeigende Spreiteneinrollung Störungen der Blattanordnung mit sich bringt, so waren hier die üblichen Vorsichtsmaßregeln durchaus am Platze. Biologisch interessant ist zunächst die Tatsache, daß die 1-Blätter die Einrollung besonders stark und selbst bei halbsonniger Lage noch ausführen im übrigen namentlich bei trockener Witterung sehr früh vergilben. Dieser Empfindlichkeit gegen grelle Beleuchtung bzw. Wasserverlust entspricht ihr anatomischer Aufbau.

Die schnell ansteigende Blattgröße erreicht ca. beim dritten Blatt ihr Maximum, um darüber hinaus beim Kurztrieb nur wenig, beim Sonnenlangtrieb aber allmählich bis unter das Ausgangsminimum zu sinken. Ihre Asymmetrie wird, wie noch auf S. 493 weiter zu besprechen sein wird, nach der Spitze zu schwächer, umgekehrt das Adernetz in gleichförmiger Weise dichter. Die Gesamtdicke steigt vom ersten Blatt und erreicht beim n-Blatt (Kurztrieb) oder einem der vorletzten Blätter (Langtrieb) ihr Maximum.

Das Palissadengewebe der Sonnenblätter besteht im allgemeinen aus zwei Reihen langgestreckter Zellen Beim 1-Blatt reduziert es sich hauptsächlich nur durch Verkürzung der Zellen, auch fehlt die palissadenartige Ausbildung der Schwammparenchymzellen der Blattunterseite. Schon bei mittlerer Beleuchtung finden sich aber neben zwei auch nur eine Reihe von Palissaden mit entsprechend lockerer Anordnung. Im tiefen Schatten ist stets nur eine vorhanden. Schon in meiner früheren Arbeit bezeichnete ich diesen Fall als relativ selten, da ich meist zwei Palissadenschichten daselbst antraf. Dies erklärt sich jetzt dahin, daß der Regel nach die n-Blätter im Schatten zwei Reihen allerdings kurzer Zellen führen, wie überhaupt die Unterschiede zwischen 1- und n-Blättern auch im Schatten allerdings sehr abgeschwächt beobachtet werden können. Dementsprechend variiert der Wert des Quotienten nicht allzusehr, solange nicht eine einzige, ausgesprochene Palissadenreihe vorhanden ist.

Die obere Epidermis, die hier allein betrachtet werden soll, zeigt in hellster Beleuchtung nur am n-Blatt gerade Querwände, das 1-Blatt dagegen, vermittelt durch Übergänge, bereits erhebliche Wellung. In mittlerer Be-

leuchtung bleibt dieser Gegensatz, der übrigens bereits in der sich öffnenden, ja selbst noch geschlossenen Knospe nachweisbar ist, im Prinzip bestehen, doch ist am n-Blatt ebenfalls Wellung vorhanden. Im Schatten ist die Wellung am stärksten, doch lassen sich kaum noch Unterschiede genannter Art auffinden. Die Endblätter der Kurztriebe erreichen selbst in hellster Sonne keine glatten Epidermisquerwände. Sie gleichen ungefähr mittleren Langtriebblättern, wie überhaupt der Kurztrieb auf Grund seiner Blatteigenschaften gewissermaßen den unvollständig gebliebenen Stumpf eines Langtriebes und Schattensproßcharakter repräsentiert. Nach meinen Beobachtungen verhält sich *Ostrya carpinifolia* und, wie wir sehen werden, noch eine ganze Reihe anderer Pflanzen in bezug auf ihre Epidermis ähnlich wie die Buche, so daß die bisher übliche Bewertung dieser Eigenschaft als Licht bzw. Schattenblattmerkmal (KNY V. S. 505) eine gewisse Einschränkung erfährt. Erwähnt sei noch, daß am Sonnensproß im Querschnitt die Außenwände der Epidermis beim 1-Blatt wie im Schatten etwas gewölbt sind.

3. *Ulmus campestris.*

Infolge Beschattung der unteren Baumpartien konnten heller beleuchtete Sprosse nur aus größerer Höhe genommen werden. Die hiermit ausfallende photometrische Kontrolle wurde aber dadurch einigermaßen ersetzt, daß von größeren, frei hervorragenden Zweigsystemen Sprosse von verschiedener Richtung zum Licht ausgewählt wurden, zumal Blätter und Sprosse infolge der nur halbsonnigen Lage und $^1/_2$-Stellung gut flächenförmig ausgebreitet waren. Im übrigen spricht der kontinuierliche Verlauf der periodischen Veränderungen an den stets zahlreichen Blättern für sich. In der Sonne ergab sich folgendes: Schnell ansteigend erreicht die Blattgröße innerhalb der unteren Sproßhälfte ihr Maximum, um dann wieder etwas zu sinken. Das anfänglich lockere Adernetz nimmt nach oben zu gleichmäßig an Dichte zu, ebenso wird die Zähnelung des Blattrandes ausgeprägter. Besonders schnell steigt die Blattdicke, deren Maximum beim 2—4-Blatt, unabhängig von der Größe, erreicht wird, und dann allmählich wieder bis zu dem Anfangsminimum fällt. Hierbei ist zu beachten, daß die ersten Blätter sehr leicht vergänglich sind und häufig fehlen, so daß die Kurve scheinbar mit einem Maximum beginnen kann. Die Palissaden waren überall einreihig, mit der Tendenz, durch vereinzelte Querteilungen, speziell nach der Sproßspitze zu, zweireihig zu werden. Ihre Zellänge nimmt acropetal zu; das absolute Maximum wird in den dicksten Blättern, das relative Maximum aber erst gegen Ende des Sprosses erreicht, wie aus dem Werte des Quotienten hervorgeht. Das Flächenbild der unteren Epidermis zeigt beim n-Blatt völlig, beim 1-Blatt nicht ganz glatte Querwände; im Schatten sind sie an den entsprechenden Blättern als schwach- bzw. starkwellig zu bezeichnen. Im übrigen lassen die Schattensprosse meist auch bezüglich der anderen Eigenschaften im Prinzip gleichsinnige, jedoch recht abgeschwächte Unterschiede erkennen.

Den periodisch sich ändernden Blatteigenschaften lassen sich auch solche der Axillartriebe anreihen. Bekannt ist deren Längenunterschied: in den unteren Teilen nur mäßig lang, erreichen sie als typische Langtriebe in der oberen Sproßhälfte ihr Maximum. Auch die Zahl der Axillarknospen in jeder Blattaxel ist verschieden. Ganz unten stehen sie einzeln, dann zu zweien, schließlich in den Axeln der größten bzw. dicksten Blätter zu dreien. Weiterhin sinkt ihre Zahl wieder bis auf eins. Meist handelt es sich bis auf die oberen Knospen um Blütenknospen.

4. *Salix pentandra.*

Wie schon früher angedeutet, zeigten wiederholte und genaue Messungen, die auf sämtliche Blätter einzelner Sprosse ausgedehnt wurden, daß die Beschattung der einzelnen Blätter untereinander, wie sie namentlich bei seitlichem Lichteinfall die auf der vom Licht abgekehrten Seite betrifft, keinen merklichen Einfluß ausübt. Das Reaktionsvermögen der Blätter gegenüber direkten Beleuchtungsdifferenzen ist also recht gering. Unter diesen Umständen war es statthaft, Sprosse aus höheren Regionen der Baumkrone auch ohne photometrische Messungen heranzuziehen, wie z. B. Nr. 3 der Tabelle. Es war dies ein die Baumkrone frei überragender, allseitig beleuchteter, orthotroper Sproß. — Allgemein zeigten die ersten relativ kleinen Blätter bei heller Beleuchtung mehr oder minder ausgesprochenen Schattencharakter gegenüber den späteren. Sie zeigten geringere Dicke; weiteres Adernetz; lockeres, intercellularenreicheres Schwammparenchym, dessen Zellen parallel zur Blattfläche gestreckt waren. Die kurzen Palissaden bildeten zwei Schichten. Nach dem Sproßgipfel zu nimmt die Dicke der Blätter ebenso wie deren Größe zu, um dann gleich zu bleiben, während die letztere wieder etwas abnimmt. Hier erscheint das mächtigere Palissadengewebe z. T. dreireihig und selbst die Schwammparenchymzellen sind etwas senkrecht zur Blattfläche gestreckt. Im Schatten sind die Unterschiede gering, aber doch deutlich und zwar in gleichem Sinne. Erwähnt sei beiläufig, daß die 1-Blätter in ihrem Spitzenteil nicht selten oberseits Spaltöffnungen führen, die sonst nur auf der Unterseite zu finden sind.

5. *Spiraea Douglasii*—Bastard.

Zur Untersuchung gelangten an kleinen ca. 1 Meter hohen Sträuchern solche Sprosse, die in horizontaler Richtung dicht unterhalb des abgestoßenen Gipfels vorjähriger blütentragender Schosse abzweigten. Bei allseitiger sonniger Beleuchtung waren auch hier, wie Messungen lehrten, Beleuchtungsdifferenzen völlig ausgeschlossen. Mangels hinreichenden Schattens mußten Kontrollschattensprosse allerdings anderen Pflanzen entnommen werden. Die sehr zahlreichen zu $^2/_5$ angeordneten Blätter verhielten sich gegenüber lokaler Beschattung ebenso indifferent wie die von *Salix pentandra*, so daß die uns interessierenden gesetzmäßigen Änderungen nicht gestört wurden. Diese vollzogen sich ganz allmählich. Langsam steigt die Blattgröße, um meist wieder etwas abzunehmen. Die Zähnelung des Blattrandes fehlt zuerst ganz. Die Nervatur ist anfänglich sehr weitmaschig und wird nach oben zu immer enger. Die Blattdicke steigt bis zu einem Maximum, das etwas vor dem letzten Blatt liegt. In den untersten Blättern ist das Palissadengewebe einreihig, doch kommen in einzelnen Zellen Querwände nicht gerade selten vor; späterhin ist es typisch zwei- bis dreischichtig. Hier zeigen auch die Schwammparenchymzellen im Gegensatz zu den ersten Blättern Neigung, sich senkrecht zur Blattfläche zu strecken. Sehr charakteristisch ist besonders an der oberen Epidermis die Wellung der Querwände von der Fläche gesehen. Anfänglich ist sie erheblich, um allmählich so gut wie vollständig zu verschwinden. Die ersten Blätter zeigen also durchaus den Typus des Schattenblattes, welches eine, vereinzelt zwei palissadenreiche und stark wellige Epidermiszellwände erkennen läßt.

6. *Quercus pedunculata.*

Da die in $^2/_5$-Stellung angeordneten Blätter gegenüber lokaler Beschattung, wie sie auf der Sproßunterseite regelmäßig eintritt, etwas emp-

findlich sind, ist hier auf gleichsinnige Orientierung der Vergleichsblätter besonders zu achten. Einiges Interesse boten solche Langtriebe, die nach Beendigung des Frühjahrstriebes erneut als Johannistrieb auswuchsen, insofern, als sich für sie die Beleuchtungsverhältnisse der einzelnen Blätter, zumal bei der größeren Länge der Internodien, gleichmäßiger gestaltete. In Beispiel 3 wurde das viertvorletzte (n'—4) Blatt des Frühjahrstriebes und das 1- und n-5-Blatt des Johannistriebes gegenübergestellt. Beide Sproßarten verhielten sich in bezug auf unsere Frage wie zwei selbständige Sproße. In beiden Fällen sind die 1-Blätter kleiner, schmaler und einfacher gestaltet sowie von geringerer Dicke als die folgenden (vgl. übrigens SPÄTH) Größe und Dicke erreichen ungefähr beim n-4-Blatt ihr Maximum. In der Sonne sind im allgemeinen zwei Reihen von Palissaden vorhanden, doch zeigt beim 1-Blatt die untere durch Kürze und lockere Anordnung der Zellen z. T. bereits Übergänge zum Schwammparenchym. Im Schatten zeigen die n-Blätter häufig noch zwei Reihen, die 1-Blätter nur eine Reihe von Palissaden und auch lockereren Bau des Schwammparenchyms. Die Epidermisquerwände sind oberseits überall glatt; ebenso unterseits in der Sonne beim n-Blatt, beim 1-Blatt dagegen etwas verbogen. Im Schatten sind sie beim 1-Blatt stark, beim n-Blatt deutlich weniger wellig. Das Adernetz der 1-Blätter ist meist enger als bei den folgenden und steht somit im Widerspruch zu dem typischen Verhalten der Schatten- und Sonnenblätter. Dieser Ausnahmefall wird uns noch weiter beschäftigen.

7. *Fraxinus excelsior* var. *pendula*.

Obwohl die 1-Blätter sich nach den Messungen stets als die besser beleuchteten erwiesen, bestanden doch die typischen Unterschiede[1]). Gegenüber den folgenden sind die 1-Blätter sehr klein und nur dreizählig. Als Andeutung eines Überganges zu den Knospenschuppen war zwar eine Abplattung des Blattstieles die Regel. Dies hat jedoch für unsere Zwecke nichts zu besagen, da auch die n-Blätter nicht selten die gleiche Eigenschaft besaßen. Speziell an Sonnentrieben zeigen die 1-Blätter wieder geringere Dicke und eine schwächere Ausbildung des Palissadengewebes, das bisweilen nur einreihig ist, z. T. allerdings noch zwei Reihen kurzer und lockerer Palissaden führt; die n-Blätter besitzen typisch zwei Reihen. Selbst in tiefem Schatten kommen neben einer häufig noch zwei Palissadenreihen vor. Wie bei der Eiche sind ausnahmsweise und im Gegensatz zu den typischen Schattenblättern die 1-Blätter mit engeren Nervenmaschen ausgestattet als die folgenden (vergl. weiter unten). Auf Anisophyllie beruhende Größenunterschiede der Blätter eines Wiertels bedingen keine Strukturunterschiede.

8. *Ulmus montana* var. *pendula* Trauerulme.

Diese sowie die ebenfalls untersuchte Stammform verhalten sich im Prinzip gleich. Photometrisch erwiesen sich die 1-Blätter der Trauerform stets als die besser beleuchteten. Die Blattstellung ist $^1/_2$. Die Unterschiede zwischen End- und Basalblättern sind im allgemeinen die gewohnten. Besonders in der Sonne ist ein Ansteigen der Blattdicke bis zum n- bzw. n—1-

1) In Anbetracht der ganzen Anordnung der Blätter und Zweige konnten die hier etwas längeren Blattstiele keine Störungen mit sich bringen. Im übrigen wurden entsprechend der dekussierten Blattstellung speziell von den 1-Blättern stets die beiden zu einem Wirtel gehörigen untersucht. Die Untersuchung erstreckte sich entweder auf die Endblättchen oder das letzte Fiederpaar.

Blatt zu erkennen, ebenso eine kräftigere Entwicklung der Palissaden, die an der Basis abgesehen von vereinzelt auftretenden Querwänden einreihig sind, nach oben zu durch Häufung der Teilungen mehr oder weniger zweireihig werden. Im Schatten finden sich Querteilungen nur selten, auch sonst sind die entsprechenden Unterschiede meist äußerst gering. Eigenartig sind die Größenverhältnisse der Blätter insofern, als die Größe dauernd bis zum letzten Blatt steigt. Die 1-Blätter sind häufig einwärtsgerollt. Regelwidrig ist das Verhalten der Nerven. Die Maschen der 1-Blätter sind stets sowohl im Schatten als auch in der Sonne enger als die der folgenden, während sie im Durchschnitt, wie üblich, im ersten Falle lockerer als im zweiten sind. Dieses Ausnahmeverhältnis steht offenbar in engem Zusammenhange mit den Größenunterschieden der Blätter. Die ersten, übrigens häufig besonders stark asymmetrischen Blätter sind gegenüber den folgenden sehr klein; ihre Flächenentwicklung ist gewissermaßen hinter der Aderbildung zurückgeblieben. Selbst im Schatten zeigen sie häufig noch engere Maschen als die n-Sonnenblätter und umgekehrt wechselt bei gleicher Beleuchtung, aber ungleicher Größe unabhängig von der Stellung am Sproß die Maschengröße in gleichem Sinne. Zweifellos liegen die Verhältnisse bei der schon besprochenen Eiche und Trauereseche ganz ähnlich. Wir haben hier einige weitere Belege für einen Fall, den bereits SCHUSTER (S. 224) z. B. beim Liguster beobachtet hat, wonach große und kleine Sonnenblätter sich durch die Dichte der Nervenverteilung in fast gleicher Weise wie Schatten- und Sonnenblätter schlechthin unterscheiden.

Anhang: Über die Asymmetrieverhältnisse der Blätter der Ulme (*U. montana* und *U. campestris*) und der Buche seien hier noch im Zusammenhange einige Bemerkungen hinzugefügt. Wie BOSHART (S. 109) angibt und ich im großen und ganzen bestätigen kann, ist die Asymmetrie der untersten Blätter am stärksten und nimmt nach oben zu, vor allem bei der Buche, erheblich ab. Mit Rücksicht auf meine früheren Angaben (I, S. 17) wonach im Schatten die Blattasymmetrie der Buche stärker, die der Ulme schwächer wird, sollte entsprechend der hier vertretenen Anschauung bei der Ulme das Gegenteil erwartet werden. Tatsächlich liegen aber die Verhältnisse so, daß die Blattasymmetrie als Ausdrucksform der Sproßdorsiventralität bei der Buche sowohl wie bei der Ulme in ausschlaggebender Weise bereits durch besondere, innere Faktoren, die z. B. mit dem Verhältnis zur Mutterachse als Endo- bzw. Exotrophie usw. zusammenhängen, bestimmt wird.

Merkwürdig und m. E. nicht ganz logisch ist, daß BOSHART, der die gleiche Auffassung vertritt, auf Grund der oben genannten Tatsache den von mir behaupteten Lichteinfluß überhaupt bestreitet, noch dazu ohne sich auf hier unbedingt notwendige zahlenmäßige Angaben stützen zu können. Seinerzeit hatte ich, um dem Durchschnitt möglichst nahe zu kommen, die ersten und letzten Blätter ihrer auffälligen Abweichungen wegen ganz außer Betracht gelassen. Unter meiner Kontrolle hat nunmehr Herr stud. FAHRENHOLTZ die Frage noch einmal genau revidiert und — worüber er an anderer Stelle noch berichten wird — gefunden, daß meine Behauptung nicht nur für den Durchschnitt, sondern auch die ersten bzw. letzten Blätter, d. h. also ganz allgemein für die betreffenden Pflanzen Gültigkeit besitzt. So gestaltete sich z. B. das Verhältnis der Blatthälften von *U. montana* beim ersten Blatt in der Sonne 1,88 im Schatten 1,3 : 1; beim n-Blatt entsprechend 1,39 bzw. 1,14 : 1.

9. *Salix babylonica*. Trauerweide.

An den langen, reich beblätterten Sprossen erwiesen sich die untersten Blätter stets als die am besten beleuchteten. Die Blattstellung ist $^2/_5$, die Lichtlage ziemlich unregelmäßig. Die sich demzufolge auf der Sproßunterseite ergebende Beschattung bleibt aber, wie in früheren Fällen, ohne merkliche Wirkung. Im großen ganzen finden wir wieder das gewohnte Bild: Ansteigen der Blattgröße, die sich nach Erreichen eines Maximums nicht wesentlich mehr verändert; unten großmaschige nach oben zu immer dichter werdende Aderung der Spreiten. Die Blattdicke steigt unabhängig von der Größe zu einem Maximum, sinkt aber weiterhin wieder bis auf den Anfangswert, ja nicht selten, vielleicht auch infolge der geringeren Beleuchtung noch tiefer. Sonstige anatomische Unterschiede fehlen bis auf ein lockereres Gefüge des grünen Gewebes bei den 1-Blättern. Dies ist insofern bemerkenswert, als schlechthin über die besprochenen Differenzen hinaus sich Schatten- und Sonnenblätter nicht wesentlich unterscheiden. Ihr grünes Gewebe besteht hauptsächlich nur aus palissadenartig gestreckten Zellen. Wichtig dagegen sind einige äußere Merkmale. Die seidenartige Behaarung, wie sie den oberen Blättern zum mindesten anfänglich zukommt, fehlt den ersten Blättern ganz, ebenso auch der blaugrüne Wachsüberzug der Unterseite; auch sind sie bei durchfallendem Licht hellgrün, jene dagegen tief dunkelgrün. Im Schatten sind diese Eigenschaften auch bei den n-Blättern weniger scharf ausgeprägt, jedoch immer noch erheblich mehr als bei den 1-Blättern. Die Bedeutung dieser Charaktere für die Ökologie des Blattes wird dadurch sehr gut illustriert, daß die 1-Blätter der Sonnensprosse sehr frühzeitig mitten im Sommer absterben.

Rein nach äußeren Merkmalen läßt sich die Zahl der Beispiele, wo ich die 1-Blätter gegenüber den folgenden abgesehen von ihrer Form (cf. Schäffer S. 23), vor allem durch Eigenschaften auszeichnen, die auf eine Herabminderung des Transpirationsschutzes bzw. Abschwächung xerophiler Einrichtungen hinauslaufen, leicht vermehren. *Salix alba* verhält sich in bezug auf Behaarung und Wachsbekleidung der Blätter wie die Trauerweide. Die charakteristische Wollbehaarung der Blattunterseiten und Sproßachsen von *Populus alba* fehlt den unteren Blättern und Internodien — ich lasse dahingestellt, ob von Anfang an (cf. Krasan S 187) —. Auffällig sind die Unterschiede bei *Salix incana* mit ihren zahlreichen, radial von der Achse abstehenden linealen Blättern Der weiße Haarfilz der Unterseite und die Einrollung des Blattrandes findet sich am ausgesprochensten an den oberen Blättern, während die untersten kleiner und breiter, wenig behaart und z. T. völlig flach sind. Die untersten Blätter des Sanddorns (*Hippophaë*) entbehren der charakteristischen Behaarung fast ganz.

Als ein Extrem möchte ich schließlich noch *Berberis vulgaris* nennen. Bekanntlich führen die Langtriebe Blattdornen, außerdem aber, worauf seltener hingewiesen wird, an ihrer Basis typische Laubblätter mit gestauchten Internodien. Letztere, die auch die Kurztriebe charakterisieren, finden sich nicht nur, wenn es sich um eine nachträgliche Umbildung eines Kurztriebes handelt, sondern auch dann, wenn ein Axillarsproß sofort zum Langtrieb auswächst. (Ausnahmsweise können sie unterdrückt sein, wenn der Sproß dicht am oder unter der Erdoberfläche entspringt.) Jeder Kurztrieb stellt somit einen umgebildeten Langtrieb dar insofern, als er ähnlich wie die Niederblätter den

Blattgrund einer Blattanlage, den Basalteil eines Langtriebes repräsentiert. Dies hatten wir schon bei den Kurztrieben der Buche gefunden und dem reihen sich nach meinen Beobachtungen weiter an *Berberis stenophylla*, manche Pappelarten und die Lärche. Bei letzterer sind nach Anordnung und Form die Kurztrieb- und unteren Langtriebblätter einer-, die oberen Langtriebblätter andererseits deutlich voneinander verschieden.

Die vorstehenden Beobachtungen zeigen, daß von der Basis nach der Spitze eines Sprosses fortschreitend dessen Blätter gesetzmäßigen Veränderungen der Form und Struktur unterworfen sind, und daß die ersten Blätter jedes Sprosses selbst bei heller Beleuchtung mehr oder minder den Stempel des Schattenblattes tragen. Schon physiologisch war an den unteren Blättern eine größere Empfindlichkeit gegen stärkere Besonnung bzw. Transpiration nachweisbar, wie aus der leichteren Einrollung (Buche, Ulme) bzw. dem frühen Absterben im Sommer zu entnehmen ist. Dem entsprechen die anatomischen Befunde. Die Blattdicke erweist sich anfangs stark herabgesetzt. Noch mehr ist die Palissadenschicht nicht nur an Länge sondern auch Zahl der einzelnen Zellen reduciert; daher ist dort auch ihr Verhältnis zur Gesamtdicke am größten und sinkt nach oben zu. Weiterhin ist überhaupt das Blattgewebe, besonders das Schwammparenchym lockerer. Bemerkenswert ist das Verhalten der Epidermisquerwände, deren Wellung als charakteristisches Schattenblattmerkmal außer bei den genannten Pflanzen nach meinen Beobachtungen bei *Sorbus Aria*, *Acer Pseudoplatanus* und vermutlich vielen anderen eine Rolle spielt. Die stärkste Wellung findet sich am 1-Blatt des Schattentriebes[1]), die geringste bzw. glatte Zellwände am letzten Blatt des Sonnentriebes. An diese Extreme schließen sich im Sinne eines Ausgleichs der Reihe nach die einzelnen Blätter der gleichen Sprosse an. Der Ausgleich vollzieht sich aber je nach der Beleuchtung und Pflanzenart verschieden schnell. Bei der Buche z. B. sind in der Sonne das 1- und das n-Blatt erheblich, im Schatten dagegen bei maximaler Wellung nur wenig verschieden. Andererseits zeigt sich bei Ahorn, *Sorbus*, *Ulmus campestris* usw. im Schatten ein schärferer Gegensatz, während in der Sonne das 1-Blatt nur unerheblich vom n-Blatt abweicht.

Als äußerlich erkennbare Merkmale schließen sich an eine Reduktion bzw. Fehlen der Behaarung, Wachsausscheidungen, Ein-

1) Bei Übergangsblättern zu Knospenschuppen kann sie allerdings wieder schwächer sein.

rollung der Spreite oder von sonstigen, mehr oder minder xerophilen Eigenschaften (Berberis), wofür weitere Beispiele übrigens noch leicht zu finden wären. In der gleichen Richtung bewegt sich auch eine Reduktion der Blattnerven, die beim 1-Blatt sowie im Schatten großmaschiger und lockerer, nach oben zu aber immer dichter werden[1]). Ausnahmen hiervon, die bei der Eiche, Trauereseche und Bergulme konstatiert wurden, ließen sich ungezwungen in Beziehung zur Blattgröße bringen. Überhaupt wird man sich klar darüber sein müssen, daß die Entwicklungsbedingungen für manche Merkmale durch Kollision mit anderen Faktoren nicht immer gegeben sind. Dies trifft z. B. zu, wenn die 1-Blätter anstatt nach Art von Schattenblättern besonders groß, nur klein ausfallen, oder einfacher gebaut sind oder schließlich in ihrer Symmetrie (Buche, Ulme) abweichen. Symmetrieverhältnisse, Raumverhältnisse in der Knospe und andere Faktoren dürften hierfür entscheidend sein.

Die gefundenen Unterschiede treten hauptsächlich in der Sonne, besonders aber bei mittlerer Beleuchtung hervor, sind dagegen im Schatten sehr abgeschwächt oder fehlen ganz. Im übrigen sind sie, wie wir sahen von lokalen Beleuchtungsdifferenzen unabhängig und bisweilen sogar andeutungsweise in der Knospe vorhanden. Der Schattentypus der 1-Blätter bedeutet in der Blattentwicklung eines Sprosses gewissermaßen das Primäre. Weiterhin entscheiden erst die äußeren Lebensbedingungen, ob diese Blattform, wie es im Schatten geschieht, dauernd beibehalten wird[2]) oder ob Sonnenblätter an ihre Stelle treten. Der Ausgangspunkt ist aber in beiden Fällen nicht der gleiche. Im Schatten repräsentiert das 1-Blatt den extremsten Schattentypus, der am Sonnensproß erheblich abgeschwächt sein kann. Das ist auch leicht erklärlich, denn von früher her wissen wir, daß die äußeren Faktoren nicht nur unmittelbar, sondern von der vorhergehenden Vegetationsperiode her nachwirkend ihren Einfluß geltend machen und der ganzen Knospe bzw. deren Blattanlagen ihr Gepräge aufdrücken können. Jedenfalls erweisen sich aber die 1-Blätter sowohl den direkten als auch nachwirkenden Einflüssen der Außenwelt gegenüber als die widerspenstigeren. Für das Verständnis einer solchen

---

1) Unter diesen Umständen erscheint es mir fraglich, ob die von SCHUSTER für die einzelne Pflanzenart behauptete Konstanz der Nervenlänge mangels Berücksichtigung der Blattlage Gültigkeit besitzt.

2) Vereinzelt mag vielleicht sogar eine gewisse Steigerung durch ihn bewirkt werden.

Nachwirkung sind übrigens diese Tatsachen insofern von Bedeutung, als der verschiedentlich gemachte Einwurf, es könne sich dabei um eine direkte Lichtwirkung durch die Knospenschuppen hindurch handeln (DETTO S. 177), gegenstandslos wird, da die in der Knospe außen liegenden 1-Blätter als die vom Licht stärker getroffenen alsdann gerade den Sonnenblatttypus hervorkehren müßten.

Die Verbreitung der hier beschriebenen Erscheinungen ist nach einer flüchtigen Orientierung offenbar eine ziemlich große. Selbst immergrüne Hölzer wie *Ilex Aquifolium* und *Buxus* bilden gute Beispiele. Gerade sie zeigen aber auch, daß die Unterschiede sich innerhalb der Grenzen bewegen, die zwischen Sonnen- und Schattenblättern gegeben sind (cf. auch Trauerweide). Andererseits dürfte die Zahl der Pflanzen, die in morphologischer oder anatomischer Beziehung bemerkenswerte Unterschiede nicht erkennen lassen, nicht ganz klein sein; für unsere späteren Deutungen hat dies aber nichts zu sagen. Besonders erwähnen möchte ich übrigens in dieser Beziehung *Aesculus parviflora* und *Rosa* deshalb, weil die 1-Blätter trotz ihrer bekannten, charakteristischen Übergangsbildungen zu den Knospenschuppen anatomisch indifferent sind.

Wie im speciellen Teil erwähnt, stellen die Kurztriebe mancher Holzgewächse wie Buche, *Berberis*, Lärche, Pappelarten usw. in der Weise reducierte Langtriebe dar, daß sie deren Basalstücke repräsentieren. Da eben dort die Tendenz zur Schattenblattbildung vorherrscht, so wird man die Kurztriebe als zum Schattensproß prädestiniert bezeichnen müssen. Tatsächlich überwiegen sie im Schatten ganz erheblich, wenn nicht ausschließlich und zeigen nach den Beobachtungen des Herrn FAHRENHOLTZ (cf. S. 493) auch unabhängig von der Beleuchtung in ihrer Anatomie gewisse Anklänge an solche.

Seit langem ist bekannt (cf. GOEBEL I., SCHÄFFER u. a.), daß die hier nur kurz gestreiften gesetzmäßigen Änderungen der Form der einzelnen Blätter eines Sprosses in groben Zügen häufig das wiederholen, was in meist ausgesprochenerer Weise sich an der Keimachse abspielt und daß die 1-Blätter in enger Verwandtschaft zu den sog. Primärblättern stehen. Als Beleg braucht nur an *Sagittaria* und *Campanula rotundifolia*, zwei ausdauernde, krautartige Gewächse, erinnert werden, die alljährlich beim Austreiben die Primärblattform regelmäßig wiederholen. Wie dort mögen auch in unserem Falle daher die 1-Blätter kurz als „Primärblätter“ bezeichnet werden, doch sei durch die Anführungszeichen stets an-

gedeutet, daß die Übereinstimmung mit den eigentlichen Primärblättern keine vollständige ist bzw. zu sein braucht[1]). Hiernach würden wir in ähnlicher Weise wie die morphologischen so die Schattenblattmerkmale der 1-Blätter als Eigenschaften der Primärblätter aufzufassen haben und gewinnen damit für das ganze Problem einen neuen Gesichtspunkt. Bevor wir diesen weiter verfolgen, wollen wir uns davon überzeugen, in wie weit die Primärblätter entsprechend ihrer Rolle als 1-Blätter der Keimachse die von ihnen erwarteten Eigenschaften wirklich besitzen.

II.

Meine anatomischen Befunde an den Primärblättern seien hier mit Rücksicht auf die eingangs erwähnten Gründe in besonders abgekürzter Form wiedergegeben, zumal sie mit den eingehenden und genauen Beobachtungen SCHRAMMs im Prinzip übereinstimmen, ja aus naheliegenden praktischen Gründen sich auf fast die gleichen Objekte beziehen. Näher besprochen seien deshalb nur die Rot-

---

1) Praktisch dürfte dies schon deshalb nicht immer leicht zutreffen können, weil zurzeit unter Primärblätter, abgesehen von den Übergangsformen, selbst an der gleichen Pflanze verschiedenartige Blattgebilde zusammengefaßt werden. Z. B. gelten bei den phyllodinen Acacien und bei *Lathyrus Aphaca* die mehr oder minder gegliederten Fiederblätter als Primärblätter, während von den ihnen vorangehenden rudimentären bzw. schuppenförmigen Blättern merkwürdigerweise wenig Notiz genommen wird, obwohl gerade diese nach dem bekannten Beispiel der Eiche und *Vicia Faba* am ersten Anrecht auf diese Bezeichnung hätten.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, daß die Entwicklungsbedingungen für die obengenannten Blattarten nie sich gleich sein können z. B. auf Grund der Symmetrieverhältnisse der Sproßachsen bei Buche, Ulme usw., deren Primärblätter symmetrisch sind. Bei der Berberitze scheint in Korrelation mit der Verdornung der Blätter die Anordnung der Knospen in den Blattachseln — fortlaufende Haupttriebe fehlen — dafür entscheidend zu sein, daß die Laubblätter der Lang- und Kurztriebe mit ihren ungestielten, an der Basis schmalausgezogenen Spreiten sich von den Primärblättern unterscheiden. Letztere treten, wie SCHRAMM (S. 56) richtig als Stütze unserer Beweisführung angibt, an Kurztrieben in tiefem Schatten wieder hervor. Ihnen geht aber nach meinen Beobachtungen eine Reihe stielloser Blätter voraus. Dasselbe Bild wiederholt sich an den Seitentrieben von 1jährigen Pflänzchen selbst in heller Sonne, allerdings mit Modifikationen: Als zwei Vorblätter finden sich die ungestielten Blätter in dem oberen verdorrten Teil der Keimachse mit großen Spreiten, nach der Achsenbasis zu werden sie immer kleiner, zuletzt schuppenartig. Die Basis der untersten Seitensprosse zeigt demnach scheinbar nur gestielte Blätter. An den oberen Internodien der Keimachse wird übrigens die Stiellänge zusehends kleiner.

buche, Stieleiche und *Acer Pseudoplatanus* und zwar weil hier Keimpflanzen sowohl aus dem Schatten als auch hellster Sonne verglichen werden konnten. Da Aussaatversuche nur bei der Eiche gelangen, wurden Pflänzchen aus dem Freien sofort nach der Keimung in Töpfe mit kräftiger Erde gesetzt und unter reichlicher Bewässerung einesteils auf einer großen, tischartigen Holzplatte in einiger Höhe über dem Erdboden, anderenteils auf einem altanartigen Ausbau eines niedrigen Häuschens in ca. 8 Meter Höhe so aufgestellt, daß sie faßt den ganzen Tag von der Sonne beschienen werden konnten, gleichzeitig aber auch der feuchteren Bodenatmosphäre entzogen waren. Schattenpflanzen fanden sich im Freien genug, bzw. wurden sie im Kalthaus gezogen [1]). Zum Vergleich waren auch Baumschulenkeimlinge von Hainbuche, Feldulme, Esche, Birke, *Crataegus monogyna* und *Berberis vulgaris* herangezogen worden. Sie stammten aus sonniger Lage; jedoch ist bei derartigen Gewächsen stets der Einfluß der Erdnähe sowie die infolge reichlicher Düngung etwas überreiche Ernährung in Rücksicht zu ziehen [2]).

Das Resultat entsprach den Erwartungen. Unabhängig von der Beleuchtung erwiesen sich die Primärblätter noch mehr als in den früheren Fällen als ausgesprochene Schattenformen. In hellster Sonne sind sie allerdings etwas in der Richtung zum Sonnenblatt modificiert, bilden also z. T. Zwischenglieder zwischen Schatten- und Sonnenblättern der erwachsenen Pflanze; im Schatten sind sie dagegen ganz extrem ausgebildet. Wie früher finden wir: geringe Blattdicke, Reduktion der Palissadenschicht und entsprechende Veränderung des Quotienten; stärkere Ausbildung des Intercellularsystems und gegebenenfalls der Wellung der Epidermisquerwände sowie der Größe der Epidermiszellen, die beim Ahorn unterseits anormal schwach papillös sind; schließlich sehr weite Maschen des Nervennetzes. In der grellen Sonne erwiesen sie sich z. T. recht empfindlich. Die Primärblätter der Sonnen- und Schattenkeimlinge unterscheiden sich voneinander, als Beweis einer direkten Lichtwirkung, in zwar geringer, jedoch normaler

1) Bei der Eiche und dem Ahorn standen zum Vergleich die erwachsenen Mutterpflanzen zur Verfügung.

2) In entgegenkommenster Weise wurde mir das Material seitens der bekannten Firmen HEINS SÖHNE, Halstenbeck (Holstein), und HESSE, Weener a. E., zur Verfügung gestellt, wofür ich hier nochmals meinen besonderen Dank aussprechen möchte.

Weise. Die Baumschulkeimlinge bestätigten im übrigen die gemachten Erfahrungen[1]).

	1 Blattdicke in μ	2 Zahl der Palissadenreihen	3 Längen (in μ) der oberen (a) und unteren (b) Palissadenzellen a	3 b	4 Epidermis-wellung	5 Adernetz	6 Blattdicke	6 Palissaden-schicht
1. Rotbuche								
Baum Sonne	200—220	2	60	44	0,+	eng	2	
Baum Schatten	92—124	1 (2)	28	(16) (20) 28	+++	weit	3,9	(2,2)
Keimling Sonne	80 112 160	1 (2)	24 39 56	(12) (18) 24	++	weiter	2,9	(2)
Keimling Schatten	76 92 100	1	20—28	(10)—(12)	+++	s. weit.	3,8	(2,6)
2. Bergahorn								
Baum Sonne	200 - 220	2	96	26	0 +	eng	1,7	
Baum Schatten	120—144	1	36 - 48	(20)	0,++	weit	3,1	
Keimling Sonne	120 136 160	1	40 - 44	(20)— (24)	+,++	weit	3,2	
Keimling Schatten	104 120 128	1	28—40	(20)	++	weiter	3,5	
3. Stieleiche								
Baum Sonne	204—216	2	74	37	0,+	eng	1,9	
Baum Schatten	92—104	1	30	(15)	++	weit	3,3	
Keimling Sonne	104—132	1—2	28—44	(16) (20) 24	+	weit	3,2	(2)
Keimling Schatten	100	1	28	(16)	++	weiter	3,6	(2,3)

Zur Erklärung der Tabelle: Wo drei Zahlen angegeben sind, bedeutet die mittlere den Durchschnitt, die beiden anderen Grenzwerte.

Die Bewertung der Epidermiswellung in Spalte 5 erfolgt durch die Zahl der Kreuze; 0 bezeichnet glatte Querwände. Bei Buche und Ahorn ist nur die obere, bei der Stieleiche nur die untere Epidermis berücksichtigt.

Bezüglich Spalte 2—3 und 6 gilt das entsprechend für Tabelle 1 Gesagte.

Die Kontroll-Sonnenblätter der erwachsenen Bäume wurden stets aus der oberen Sproßhälfte gewählt. Beim Ahorn entstammten sie der Nordseite der Baumkrone, bei der Buche der Südseite eines in allernächster Nähe der Sonnenkeimlinge befindlichen Baumes.

Ökologisch stehen alle diese Befunde, wie schon SCHRAMM feststellt, als mehr oder minder zweckmäßige Eigenschaften in Ein-

1) Abgesehen von kleineren, unvermeidlichen Abweichungen zwischen den von SCHRAMM und mir gefundenen Werten dürften gewisse auffälligere Differenzen z. T. wohl aus den auf S. 484 Anm. 2 wiedergegebenen Gründen sowie der ausschließlichen Benutzung von Freiland- und Baumschulenpflanzen seitens SCHRAMMs zurückzuführen sein. Demzufolge schätzt SCHRAMM auch das Reaktionsvermögen der Sonnenprimärblätter allgemein zu niedrig ein (ich fand z. T. bei der Buche gelegentlich sogar 2 Palissadenreihen). Irrtümlich ist auch, daß eben diese Blätter bei der Buche und Eiche entgegen der Regel an Blattdicke und Palissadenausbildung hinter den entsprechenden Schattenblättern zurückstehen sollen.

klang mit den normalen Lebensbedingungen der Keimlinge, die sich durch abgeschwächte Beleuchtung und feuchtere Atmosphäre auszeichnen. Mit Hemmungsbildungen, wie sie an den Primär- und „Primär"-Blättern häufig genug vorkommen, haben sie jedenfalls der Hauptsache nach nichts zu tun. Gegen letztere spricht z. B. auch die stärkere Wellung der Epidermis, die erst sekundär aus einer glattwandigen hervorgegangen sein kann, während nach GOEBEL II 130 an den primitiven Primärblättern von *Ceratopteris* tatsächlich die Wellung im Gegensatz zu den Folgeblättern fehlt.

III.

Die Deutung der Schattenblattmerkmale als Eigenschaften der Primärblätter gewinnt insofern Bedeutung, als hiermit in gleicher Weise, wie dies mit anderen sogenannten direkten Anpassungserscheinungen — erst neuerdings mit der von LOTHELIER behaupteten Verlaubung der *Ulex*dornen in feuchter Luft — geschehen ist (cf. ZEIDLER S. 95), die ganze Frage dem bekannten Primärblattproblem untergeordnet wird. Die Schattenblattbildung der erwachsenen Pflanze stellt sich somit als eine Rückkehr zur Primärblattform dar, die einerseits durch äußere Faktoren (Schatten), andererseits durch innere Ursachen an der Sproßbasis veranlaßt wird[1]). Direkt frappierend ist die von mir schon früher betonte Ähnlichkeit mit der Blattbildung von *Sagittaria*, deren bandförmige Wasserblätter den Schattenblättern, die pfeilförmigen Luftblätter den Sonnenblättern entsprechen. Die alljährlich an den Enden von Ausläufern entstehenden Winterknollen sind dann den Winterknospen der Laubbäume gleichzusetzen; beim Austreiben entstehen an ihnen zuerst die Wasser-, dann die Luftblätter. Wie auch in anderen Fällen kann aber die Folgeform ganz unterdrückt bzw. durch Wasser-(Schatten)-Blätter ersetzt werden, wenn z. B. die Beleuchtung ungünstig wird. Auch scheint je nach der Wassertiefe bzw. Beleuchtung die Qualität der Winterknollen nebst Blattanlagen ähnlich wie bei unseren Sonnen- und Schattenknospen von vornherein eine verschiedene zu sein, da nach GLÜCK S. 228 bisweilen trotz schwacher Beleuchtung die Bildung von Luftblättern erfolgt, diese aber wieder verkümmern. Schließlich stimmen die Keimlinge beider darin überein, daß sie im ersten Jahre noch nicht befähigt sind, die Folgeform, d. h. die

1) An Stockausschlägen der Bergulme fiel mir eine gewisse Tendenz zur Schattenblattbildung auf. Ob hier die bekannte Wirkung des Zurückschneidens auf das Zurückschlagen zur Primärform vorliegt? Vielleicht liegt hier eine weitere Möglichkeit vor, Schattenblätter ohne Schatten hervorzurufen.

Luft- bzw. Sonnenblätter vollkommen auszubilden (GLÜCK S. 222, SCHRAMM p. 72).

Es sei noch kurz die Frage gestreift, inwieweit die Primär-Schattenblätter sich unterdrücken lassen. KLEBS (292) erwähnt allerdings ohne nähere Angaben, daß dies bei den Bandblättern von *Sagittaria*, d. h. also „Primärblättern" in unserem Sinne möglich ist. Nach meinen Beobachtungen gilt dies in mehr oder minder ausgesprochenem Maße auch für unsere Holzpflanzen (z. B. Buche, Trauerweide, Pappeln usw.), wenn nämlich normalerweise oder durch außergewöhnliche Ernährung (z. B. Zurückschneiden) die Axillarknospen sofort ohne Ruheperiode austreiben. Mit dieser hängt zweifellos ihre Bildung zusammen: selbst eine kürzere Ruhepause, wie sie bei unserem früheren Eichenbeispiel vorlag, ist zur Hervorrufung der „Primärblätter" ausreichend.

Bezüglich der eigentlichen Primärblätter steht zunächst fest, daß sie gegenüber direkter Beleuchtung recht schwerfällig reagieren. Aber auch die anderen Blätter verhalten sich, wie wir erst jetzt wieder an *Spiraea*, *Salix* u. a. sahen, nicht viel besser und zwar offenbar deshalb, weil die vorjährigen äußeren Faktoren ihnen bereits einen bestimmten Charakter aufgeprägt (induziert) hatten. Eine ähnliche nur noch nachhaltigere Induktion könnte nun sehr wohl bei den Primärblättern angenommen werden. Eine Abänderung oder Unterdrückung dieser würde somit theoretisch, im Gegensatz zu der Auffassung SCHRAMMs, daß sie erblich fixiert seien, sehr wohl im Bereich der Möglichkeit liegen. Zwar hätte eine derartige Induktion kaum mit dem Licht etwas zu tun, könnte aber im Prinzip auf ähnlichen Vorgängen beruhen, wie sie durch die indirekte Lichtwirkung ausgelöst werden, sodaß das Studium der Keimung und ebenso das des Knospentreibens zu deren Verständnis beitragen könnte [1]).

Daß es sich bei einer direkten oder indirekten Lichtwirkung um chemische Vorgänge handeln dürfte, glaube ich, dagegen kann ich der Auffassung nicht beitreten, daß die Sonnen- bzw. Schattenblattmerkmale schlechthin durch bessere bzw. schlechtere Ernährung bedingt seien. Zur Orientierung habe ich im Frühjahr Buchenknospen in mittlerer Beleuchtung durch Zurückschneiden aller Nachbarknospen einen kräftigen Nahrungsstrom zugeführt, zum Teil

1) Ob die entscheidenden Vorgänge bereits in der Samenknospe oder erst bei der Keimung sich abspielen, würde natürlich zuerst zu entscheiden sein. Allzu grob wäre allerdings die Vorstellung, den Lichtmangel bei der Keimung im Erdboden für die Schatteneigenschaften der Primärblätter verantwortlich zu machen.

obendrein durch starke Verkürzung der soeben aus der Knospe hervortretenden Triebe deren Blattzahl reduziert: Die Blätter nahmen Riesendimensionen an, ohne aber prinzipiell ihre Struktur gegenüber dem Licht zu verändern. Inwieweit die interessanten Erfahrungen MATHUSES an gesteckten Blättern Fortschritte in unserer Frage bringen werden, muß die Zukunft lehren.

Literatur.

K. BOSHART, Beiträge zur Kenntnis der Blattasymmetrie und Exotrophie, Flora, Bd. 103, 1911.

DE BOIS, Het bepalen der gevoelige periode van den invloed van het licht op de structuur der bladschijf. Separatum aus Handelingen v. h. vijfde Vlaamsch Natuur-en Geneeskundig Congress, Brugge 1901.

C. DETTO, Die Theorie der direkten Anpassung, Jena 1904.

GLÜCK, Biolog. und morpholog. Untersuch. über Wasser- und Sumpfgewächse. I. Jena 1905.

K. GOEBEL I, Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Blattes. Bot. Zeit. 38, 1880.

K. GOEBEL II, Experimentell-morphologische Mitteilungen. Sitzungsb. d. math.-phys. Klasse d. Kgl. Bayer. Ak. d. Wiss. Bd. XXXVII, 1907.

G. HINZE, Über die Blattentfaltung bei dikotylen Holzgewächsen. Bot. Centralbl. Beihefte, Bd. X, 1901.

G. KLEBS, Über die Probleme der Entwicklung. Biol. Centralbl. XXIV, 1904.

L. KNY, Text zu den bot. Wandtafeln CXIII und CXIV, Berlin 1909.

F. KRASAN, Zur Geschichte der Formentwickelung der roburoiden Eichen. ENGLERS Bot. Jahrb. VIII, 1887.

O. MATHUSE, Über abnormales sekundäres Wachstum von Laubblättern, insbesondere von Blattstecklingen dicotyler Pflanzen. Berliner Diss. 1906.

M. NORDHAUSEN I, Unters. über Asymmetrie von Laubblättern höherer Pflanzen nebst Bemerk. zur Anisophyllie. Jahrb. f. wiss. Bot. XXXVII, 1901.

M. NORDHAUSEN II, Über Sonnen- und Schattenblätter. Ber. d. D. B. G. XXI, 1903.

C. SCHÄFFER, Über die Verwendbarkeit des Laubblattes der heute lebenden Pflanzen zu phylogenet. Unters. Abh. a. d. Gebiete d. Naturw., hersg. v. Naturw. Verein in Hamburg, XIII, 1895.

R. SCHRAMM, Über die anatomischen Jugendformen der Blätter einheimischer Holzpflanzen. Separatum aus Flora 104, 1912.

H. L. SPÄTH, Der Johannistrieb. Diss. Berlin. 1912.

YAPP, Spiraea Ulmaria L. and its bearing on the problem of xeromorphy in marsh plants. Annals of botany XXVI, 1912.

J. ZEIDLER, Über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit und des Lichtes auf die Ausbildung der Dornen von *Ulex europaeus* L. Flora 102, 1911.

62. N. A. Maximow: Chemische Schutzmittel der Pflanzen gegen Erfrieren. III.

Über die Natur der Schutzwirkung.

(Eingegangen am 6. Oktober 1912.)

Zur Erklärung der Natur der Schutzwirkung scheint mir von allen bisher[1]) gewonnenen Resultaten der schon vielmals von mir erwähnte Zusammenhang der Größe der Schutzwirkung mit der Lage des eutektischen Punktes am wichtigsten zu sein. Diesem Zusammenhange möchte ich folgenden Ausdruck geben: ein jeder Stoff, unabhängig von seiner chemischen Natur, kann nur so lange als Schutzstoff wirken, als er in Lösung bleibt; sinkt die Temperatur bis zum Punkte, bei dem der gelöste Stoff samt dem Wasser zu erstarren anfängt (das ist ja der eutektische Punkt), büßt er seine Schutzfähigkeit ein. Schon aus diesem Zusammenfallen des Erstarrungmoments mit der Grenze der Schutzwirkung könnten wir eine Schlußfolgerung über die Natur der letzteren ziehen: sie kann nur darin bestehen, daß der Schutzstoff einen Teil des Wassers im flüssigen Zustande erhaltend, das Plasma von völliger Entwässerung und auch vom Absterben rettet. Man kann jetzt für sichergestellt halten, daß die Eisbildung für den Kältetod unbedingt notwendig ist und daß die Zelle ohne Schaden die stärkste Unterkühlung ertragen kann[2]). Die Schutzwirkung der Lösungen ist, wie mir scheint, einigermaßen mit dem Unterkühlungsphänomen vergleichbar; dort wird überhaupt kein Eis gebildet, hier wird es wohl gebildet, doch bleibt ein Teil des Wassers flüssig, eine völlige Erstarrung tritt nicht ein. Jede andere Erklärung der Schutzwirkung, z. B. eine chemische Einwirkung der Schutzstoffe auf das Plasma, wie es LIDFORSS[3]) annahm, indem er die Zuckerarten als spezifische Schutzstoffe betrachtete, kommt mir wegen der höchst verschiedenen chemischen Beschaffenheit der Schutzstoffe sehr unwahrscheinlich vor.

1) Diese Berichte, Bd. XXX, 1912, Heft 2 S. 53 und Heft 6 S. 293.

2) Siehe z. B. VOIGTLANDER, Beiträge z. Biol. d. Pflanzen, Bd. IX, 1909, S. 359; SCHAFFNIT, Mitt. d. K.-Wilhelms-Institut in Bromberg, Bd. III, 1910, S. 93.

3) Die wintergrüne Flora, Lund, 1907, S. 50 und folg.

Obwohl die Verschiedenartigkeit der Stoffe, bei denen ich den Zusammenhang zwischen der Größe der Schutzwirkung und der Lage des eutektischen Punktes beobachtet habe (Mannit, KCl, KNO_3, K_2SO_4, Na_2SO_4, $K_2C_2O_4$, $Na_2C_2O_4$) darauf hinweist, daß dieser Zusammenhang kein zufälliger ist, wollte ich doch versuchen, den Kryohydratpunkt der Lösung zu verschieben, um zu beobachten, ob die Größe der Schutzwirkung dabei beeinflußt wird. Zu diesem Zwecke habe ich anstatt reiner Lösungen ihre Mischungen angewandt. Bei solchen findet meistens eine bedeutende Depression des Kryohydratpunktes statt, und deshalb muß die Mischung eine größere Schutzwirkung ausüben als jede Komponente für sich.

Die Versuche bestätigten meine Vermutung vollständig. Die Mischungen wurden aus gleichen Volumen isoosmotischer Lösungen schon früher untersuchter Stoffe hergestellt. Der osmotische Druck (wie auch die Gefrierpunktserniedrigung) blieb dabei dem Drucke der Komponente gleich, die partiale Konzentration von jedem Stoff wurde aber zweimal schwächer. In den die Resultate dieser Versuche darstellenden Tabellen ist durch das Zeichen 1 isn, 0,5 isn usw. die gesamte Konzentration der Mischung bezeichnet[1]).

Der Einfluß der Verschiebung des eutektischen Punktes ist besonders auffallend, wenn die Mischung aus zwei Lösungen mit einem hohen eutektischen Punkte und entsprechend schwacher Schutzwirkung hergestellt wird, z. B. aus Mannit- und KNO_3-Lösungen (Tab. XXIV).

Tabelle XXIV. Mannit + KNO_3.

	1 isn	0,5 isn	0,25 isn	0,1 isn	0
— 5,8 °	leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8 °	leb.	leb.	leb.	3/4 leb.	tot
— 11,1 °	einz. leb.	einz. leb.	einz. leb.	tot	—
— 17,3 °	tot	tot	tot	tot	—

Obwohl jeder von diesen Stoffen ein sehr schwaches Schutzmittel ist (vgl. Tabellen VIII u. XIV), zeigte sich ihre Mischung, in der jede chemische Einwirkung der Komponenten aufeinander ganz ausgeschlossen ist, befähigt, die Kälteresistenz der Schnitte bedeutend zu erhöhen.

1) In meinem vorigen Artikel hatte ich aus Versehen die „isonormalen" Salzlösungen durch „is" bezeichnet. Diese Abkürzung ist aber von PFEFFER für die Bezeichnung des osmotischen Druckes einer 0,1-n-KNO_3-Lösung eingeführt, und ich bedaure sehr, daß ich nicht rechtzeitig auf dieses Zusammenfallen aufmerksam geworden bin.

Ähnliche Resultate bekommt man, wenn Stoffe von verschiedener Schutzfähigkeit (z. B. Glukose und K_2SO_4) vermischt werden. Dabei ist aber nicht zu vergessen, daß die Grenze der Schutzwirkung der Glukose nicht durch die Eutektik bestimmt wird, und wir dürfen auch nicht erwarten, daß die Mischung stärkere Schutzwirkung ausübt als die reine Glukoselösung. In diesem Falle kann nur eine Komponente, nämlich K_2SO_4, an Schutzfähigkeit zunehmen und die halb aus einem wirksamen, halb aus einem unwirksamen Stoffe bestehende Mischung muß dieselbe Schutzwirkung zeigen wie eine nur aus wirksamem Stoffe bestehende isoosmotische Glukoselösung.

Tabelle XXV. Glukose + K_2SO_4.

	1 isn	0,5 isn	0,25 isn	0,1 isn	0
— 5,8	leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8	leb.	leb.	leb.	3/4 leb.	tot
— 11,1	leb.	3/4 leb.	3/4 leb.	einz. leb.	—
— 17,3	3/4 leb.	1/2 leb.	einz. leb.	tot	—

Wird endlich eine Mischung aus zwei Stoffen von bedeutender Schutzwirkung hergestellt, z. B. Glukose und Natrium-Tartrat, so zeigt sie dieselbe Schutzwirkung, wie jeder Komponent für sich:

Tabelle XXVI. Glukose + Na-Tartrat.

	1 isn	0,5 isn	0,25 isn	0,1 isn	0
— 5,8 °	leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8 °	leb.	leb.	leb.	3/4 leb.	tot
— 11,1 °	leb.	leb.	3/4 leb.	einz. leb.	—
— 17,3 °	leb.	1/2 leb.	einz. leb.	tot	—

Auf Grund dieser letzten Versuche glaube ich behaupten zu dürfen, daß der Zusammenhang zwischen der Größe der Schutzwirkung und der Lage des eutektischen Punktes außer jedem Zweifel gesetzt ist. Außerdem wird durch diese Versuche auch der höchst wichtige Satz bestätigt, daß isotonische Lösungen verschiedener Stoffe (und auch ihrer Mischungen) gleiche Schutzwirkung ausüben, vorausgesetzt, daß sie nicht giftig sind und ihr Kryohydratpunkt tief genug liegt.

Gehen wir jetzt zur Besprechung einer Frage über, die ich in dem ersten Artikel nur nebenbei berührt habe und auf die ich in dem zweiten Artikel absichtlich nicht näher eingehen wollte.

Ich meine die Frage über den Zusammenhang der Schutzwirkung mit der Permeabilität des Plasmas für die Schutzstoffe. Da ich zuerst annahm, daß ein Stoff überhaupt nur dann schützend wirken kann, wenn er schon ins Plasma gelangt ist, so benutzte ich meist leicht eindringende Stoffe, wie Alkohole und dgl., oder ließ die Schnitte längere Zeit auf der Lösung schwimmen. Schon damals bemerkte ich aber, daß ein längeres Verweilen des Objekts auf der Lösung auf seine Kälteresistenz gar keinen Einfluß hat: die Kohlschnitte, die 16 Stunden auf Glukose blieben, zeigten keine größere Widerstandsfähigkeit, als diejenigen, die auf derselben Lösung 3—4 Tage verweilten. Als ich zur Untersuchung der Salze überging, habe ich versucht, das Verweilen der Schnitte auf den Lösungen möglichst zu beschränken (um die Giftwirkung der Salze auf das Plasma zu vermeiden), zuerst von 16—20 bis auf 2—3 Stunden, dann bis 20—30 Minuten und endlich setzte ich die Schnitte sofort nach dem Einbringen in die Lösung dem Gefrieren aus. Zu meinem Erstaunen blieb aber die Schutzwirkung in allen Fällen gleich. Da ich diese Versuche mit NaCl und KCl angestellt habe, so suchte ich dieses Resultat auf die von vielen Forschern[1]) angenommene große Permeabilität des Plasmas für die Salze der Alkalimetalle zurückzuführen und wiederholte die Versuche mit der bekanntlich langsam permeierenden Glukose, erhielt aber dieselben Resultate.

Die Unabhängigkeit der Schutzwirkung der Stoffe von ihrer Fähigkeit, durch das Plasma zu permeieren, weist darauf hin, daß ein Schutzstoff gar nicht in das Plasma einzudringen braucht, um die Kälteresistenz der Zelle zu erhöhen, sondern daß eine bloße Berührung der Plasmaoberfläche mit der Lösung dazu vollständig genügt. Daraus dürfen wir wohl schließen, daß die Kälteristenzerhöhung ein Resultat der Einwirkung der Lösung auf die oberflächliche Schicht des Plasmas ist, auf die halbdurchlässige Plasmahaut, die nach den klassischen Untersuchungen PFEFFERs als Träger der osmotischen Eigenschaften der Zelle allgemein anerkannt wird. Diese Folgerung wirft ein Licht nicht nur auf das Wesen der Schutzwirkung, sondern auch auf das des Erfrierens. Wenn eine Berührung der Plasmahaut mit einer Lösung die Zelle vor dem Erfrieren schützen kann, so ist diese Schicht der frostempfindlichste Teil des Plasmas, und beim Erfrieren ist die Schädigung der Plasmahaut die eigentliche Todesursache.

---

1) Z. B. RUFZ DE LAVIZON, Annales d. sc. naturelles, Botanique, 1911, vol. 13, p. 97.

Ehe ich aber zur näheren Besprechung dieser neuen Theorie des Erfrierens übergehe, zu der mich meine Versuche brachten, dürften hier noch einige Experimente am Platze sein, welche die Lokalisation der Schutzwirkung in der Plasmahaut bestätigen. Wie wir schon gesehen haben, ist die Schutzwirkung unmittelbar nach dem Einbringen der Schnitte in die Lösung nachweisbar. Spielt sich der Vorgang wirklich nur auf der Oberfläche ab, so ist es zu erwarten, daß die Wirkung sofort aufhört, wenn die Schutzlösung durch Wasser ersetzt wird. Solch ein schnelles Verlieren der Kälteresistenz haben wir schon in Versuchen beobachtet, in denen die Schnitte aus Alkohol- oder Glycerinlösungen in Wasser übertragen wurden; damals erklärte ich es aber durch ein rasches Ausspülen dieser Stoffe aus der Zelle (s. Tabelle VII, S. 62 der ersten Abhandlung). Bei den späteren Versuchen erwies es sich aber, daß dieselbe Erscheinung auch beim Ersetzen eines beliebigen Schutzstoffes (Glukose, NaCl usw.) durch Wasser beobachtet wird. Da ein langes Waschen der Schnitte dabei gar nicht nötig war, es vielmehr genügte, den Schnitt einfach ins Wasser einzutauchen und ihn ein paar Minuten gefrieren zu lassen, so handelte es sich hier offenbar nicht um eine allmähliche Entziehung des Schutzstoffes aus der Zelle. Tabelle XXVII gibt die Resultate eines von diesen Versuchen an. Die Rotkohlschnitte wurden nach einem 20stündigen Verweilen auf Glukoselösungen in zwei Portionen geteilt: die eine wurde in derselben Lösung, die andere in Wasser dem Gefrieren ausgesetzt:

Tabelle XXVII. Rotkohl. Glukose.

	In Glukoselösung gefroren			In Wasser gefroren.		
	1 n	0,5 n	0,25 n	1 n	0,5 n	0,25 n
— 5,8°	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.	1/4 leb.	1/4 leb.
— 7,8°	leb.	leb.	leb.	tot	tot	tot
— 11,1°	leb.	leb.	1/4 leb.	tot	tot	tot

Gegen diese Versuche läßt sich wohl einwenden, daß das Verlieren der Kälteresistenz vielleicht von der Deplasmolyse abhängt, deren schädliche Einwirkung auf das Plasma bekannt ist, oder dadurch sich erklären läßt, daß das Protoplasma, welches anfänglich durch starke Lösungen teilweise entwässert war, beim Übertragen in reines Wasser wasserreicher und dadurch frostempfindlicher wird. Um die Möglichkeit solcher Erwiderungen zu be-

seitigen, veränderte ich etwas die Methodik der Versuche. Ich übertrug die Schnitte aus der Lösung nicht in Wasser, sondern in isotonische Lösungen von Stoffen mit einem hohen eutektischen Punkte (z. B. Mannit, KNO_3, K_2SO_4), die keine Schutzfähigkeit besitzen. Das Resultat war dasselbe: die Vorbehandlung mit verschiedenen Schutzlösungen erhöhte die Kälteresistenz der Schnitte, die in Lösungen mit einem hohen Kryohydratpunkte gefroren waren, so gut wie gar nicht. In der Tabelle XXVIII sind die Resultate von zwei solchen Versuchen wiedergegeben. Die Rotkohlschnitte wurden nach 20stündiger Vorbehandlung mit Glukoselösungen in isotonischen Lösungen von Mannit und K_2SO_4 dem Gefrieren ausgesetzt.

Tabelle XXVIII. Rotkohl. Glukose.

	In Mannit-Lösung gefroren			In K-sulfat-Lösung gefroren		
	1 n	0,5 n	0,25 n	1 isn	0,5 isn	0,25 isn
— 5,8°	3/4 leb.	1/4 leb.	1/2 leb.	3/4 leb.	1/2 leb.	1/4 leb.
— 7,8°	1/4 leb.	1/4 leb.	1/4 leb.	1/4 leb.	einz. leb.	tot
— 11,1°	tot	tot	tot	tot	tot	tot

Die geringe Schutzwirkung, die in diesen Versuchen beobachtet wird, übertrifft nicht diejenige, die von Mannit resp. K-sulfat für sich, ohne Vorbehandlung mit Glukose, bewirkt wird.

Es scheint mir, daß diese letzten Versuche definitiv beweisen, daß die Schutzwirkung von den die Plasmahaut berührenden Stoffen verursacht wird und daß die sich innerhalb der Zelle befindenden Stoffe nur eine untergeordnete Rolle spielen. Ebenso spielt der Grad der Entwässerung des Plasmas durch starke Lösungen, der ja in isotonischen Lösungen der Glukose oder NaCl einerseits und des Mannits oder K-sulfats andererseits gleich ist, keine wichtige Rolle bei der Kälteresistenzerhöhung. Wir müssen die ganze Schutzwirkung als in der Plasmahaut lokalisiert anerkennen.

Gegen die Versuche, die Kälteresistenz der Pflanzen mit ihrem Gehalt an Schutzstoffen, z. B. an Zuckerarten, in Zusammenhang zu bringen, wird nicht selten die Tatsache angeführt, daß Zuckerrüben, Zwiebeln[1]) und manche andere Pflanzen ungeachtet ihres hohen Zuckergehalts gar nicht besonders kälteresistent sind. Durch die Annahme, daß die Schutzwirkung an der Plasmaober-

1) W. WÄCHTER (Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 45, 1907, S. 240) gibt aber an, daß Zwiebeln — 7° ohne Schaden ertragen können.

fläche lokalisiert ist, wird dieser Einwand leicht beseitigt. Der Zucker dieser Pflanzen befindet sich innerhalb der Zellen, und die Plasmaoberfläche bleibt unbeschützt oder nur schwach beschützt. Diese Erklärung findet auch in einer Arbeit von RUHLAND[1]) eine Stütze, der eine fast vollständige Impermeabilität der Rübenzelle für Zuckerarten nachgewiesen hat. Im Falle, daß eine Zuckerlösung von derselben Konzentration nicht nur mit der inneren, sondern auch mit der äußeren Plasmaoberfläche in Berührung wäre, so wäre auch die Kälteresistenz solcher Pflanzen bedeutend höher.

Die Richtigkeit dieser letzten Vermutung ist leicht ohne weiteres durch einen direkten Versuch zu bestätigen. Wenn wir Rotkohlschnitte im Wasser gefrieren lassen, so sterben die meisten Zellen schon bei — 5,8 ° ab. Wird ein ganzes Blatt in der Luft dem Gefrieren ausgesetzt, so läßt sich derselbe Grad der Resistenz beobachten, was darauf hinweist, daß auch in der intakten Pflanze das Wasser, welches die Zellwände durchtränkt, keine bedeutende Menge von gelösten Stoffen enthält. Wenn wir aber aus dem Rotkohl den Saft auspressen und die Kohlschnitte in diesem (sozusagen in seinem eigenen) Safte gefrieren lassen, so findet eine beträchtliche Kälteresistenzerhöhung statt. Die Zellen fangen erst bei — 11,1 ° abzusterben an, und um den größten Teil der Zellen zu töten, muß man sie bis — 17,3 ° abkühlen. Nebenbei sei bemerkt, daß der durchgekochte Saft dieselbe Wirkung ausübt, und deshalb ist den im Safte gelösten Eiweißstoffen dabei keine Rolle zuzuschreiben. Die Schutzwirkung des Rotkohlsaftes ist im Vergleich zu der der Zuckerarten und Salze gar nicht zu stark. Kryoskopisch bestimmt, liegt der Gefrierpunkt des Saftes bei — 1,37 °, d. h. seine Konzentration entspricht ungefähr einer 0,75-n-Glukose-Lösung. Seine Schutzwirkung aber ist sogar etwas schwächer als die der 0,5-n-Lösung. Daß die sich außerhalb der Zelle befindende Lösung die wichtigere Rolle spielt, wird auch dadurch bestätigt, daß die in den Rotkohlsaft eingebrachte Epidermis von *Tradescantia discolor* um etwa 2 ° kälteresistenter ist als der Rotkohl selbst, der ja denselben Saft nur innerhalb seiner Zellen enthält.

Das Studium der chemischen Schutzmittel der Pflanzen gegen Erfrieren brachte uns zu einer wesentlich neuen Ansicht über den Vorgang des Erfrierens selbst. Die erste Wirkung des Frostes auf die Zelle ist eine Schädigung der oberflächlichen

1) Jahrbücher f. wiss. Botanik, Bd. 50, 1911, S. 200.

Schicht des Protoplasmas, der Plasmahaut. Diese Schädigung ist mit Eisbildung verknüpft, die entweder in der Plasmahaut selbst oder in unmittelbarer Berührung mit ihr stattfindet; sie verursacht eine Störung der osmotischen Eigenschaften der Zelle und kann auch ihren Tod zur Folge haben. Diese neue Auffassung kann die Ansichten von SACHS einerseits und seiner Gegner — GÖPPERT, MÜLLER-THURGAU, MOLISCH u. a. — andererseits einigermaßen versöhnen. SACHS behauptete, und die meisten Praktiker sind auch bis jetzt dieser Meinung, daß die gefrorene Pflanze erst beim Auftauen abstirbt und hat einen besonderen Wert darauf gelegt, wie rasch dieser Vorgang sich abspielt. Seine Gegner wiesen aber darauf hin, daß es unmöglich sei, eine vollständig erfrorene Pflanze auch durch beliebig langsames und allmähliches Auftauen zu retten. Meiner Ansicht nach tötet das Gefrieren an sich die Zelle nicht; es schädigt nur mehr oder minder, je nach Temperatur und anderen Bedingungen, die Plasmahaut und erst nach dem Auftauen wird es klar, ob diese Schädigung so stark ist, daß sie sofort den Tod nach sich zieht, oder eine dauernde Krankheit verursacht, die nach einiger Zeit auch zum Tode führt, oder endlich ob es dem Plasma gelingt, seine Hautschicht wieder herzustellen und die Zelle am Leben bleibt.

Meine Ansicht über die Natur des Erfrierens basiert nicht auf meinen eigenen Versuchen und Beobachtungen allein, sondern auch auf denjenigen anderer Forscher und wird noch durch die neueren physikalisch-chemischen Anschauungen über die Struktur des Plasmas gestützt. Eine ausführlichere Begründung meiner Anschauungen sowie eine experimentelle und kritische Revision der Ansichten anderer Autoren möchte ich für eine spätere Publikation vorbehalten; hier seien nur einige Überlegungen angedeutet. Es ist bekannt, daß eine erfrorene Pflanze sich dadurch leicht erkennen läßt, daß ihre Zellen die Impermeabilität vollständig einbüßen: der Zellgehalt, der z. B. aus einer lebenden Rübe oder Kartoffel nur unter einem hohen Druck ausgepreßt werden kann, fließt aus einer erfrorenen von selbst wie aus einem Schwamme heraus. Diese Erscheinung hat ältere Forscher auf den Gedanken gebracht, daß beim Gefrieren die Zellwände durch das sich in den Zellen bildende Eis gesprengt werden. Jetzt wissen wir wohl, daß die Zellwände intakt bleiben und daß der Impermeabilitätsverlust ein Resultat des Plasmatodes ist. Solch ein Impermeabilitätsverlust wird aber immer beim Absterben der Zelle beobachtet, und diese Tatsache allein genügt noch nicht, um zu entscheiden, ob die Störung der osmo-

tischen Eigenschaften die Todesursache war oder ob umgekehrt der Tod die Zerstörung der Hautschicht und das Herausfließen des Zellsaftes verursacht. Versuchen wir aber anstatt der Objekte, die durch den Frost vollständig getötet sind, nur zum Teil beschädigte zu untersuchen, so können wir manchen Beweis zugunsten der ersten Vermutung finden. Wenn wir die Blätter irgendeiner Pflanze, die nicht zu starken Frost noch vertragen kann, z. B. Hyacinthen- oder Tulpenblätter bei $-2-3^0$ gefrieren lassen, so merken wir bald nach dem Auftauen, daß sie etwas verwelkt aussehen, ihren Turgor verloren haben und nur in einiger Zeit wieder straff werden. Bei der mikroskopischen Kontrolle gefrorener und wieder aufgetauter Rotkohlschnitte habe ich oft beobachtet, daß der Impermeabilitätsverlust das erste Zeichen einer Schädigung der Zelle ist. Bald nach dem Auftauen lassen sich die beschädigten Zellen von den gesunden durch ihren blaß gefärbten Inhalt unterscheiden und beim Wiederholen der Kontrolle nach einigen Stunden erweisen sich solche Zellen meistens schon als tot. Das tritt besonders scharf hervor, wenn die Schnitte in einer verdünnten NaOH-Lösung gefroren waren. Vor dem Gefrieren ist der Zellsaft grell rot gefärbt, nach dem Auftauen findet man alle Übergangstöne von rot durch violett bis blau — ein Zeichen dafür, daß das Plasma für das Alkali durchlässig geworden ist. Die Zellen, die ihre Farben geändert haben, sterben meistenteils nach einiger Zeit ab.

Die Annahme, daß die Ursache des Kältetodes in der Beschädigung der Plasmahaut zu suchen ist, läßt noch die Frage ungelöst, wann eigentlich diese Schädigung auftritt, beim Gefrieren oder erst beim Auftauen. Wenn auch diese Frage anscheinend durchaus zugunsten der ersten Vermutung zu entscheiden ist, so ist doch andererseits festgestellt, daß es in manchen, zwar wenigen Fällen gelingt, gefrorene Pflanzenteile durch langsames Auftauen vom Absterben zu retten (Obst nach MÜLLER-THURGAU, *Agave americana* nach MOLISCH). Es weisen auch die von BUTJAGIN[1]) mit Bakterien und von RICHTER[2]) mit Schimmelpilzen angestellten Versuche darauf hin, daß die Art des Auftauens für die Zelle nicht gleichgültig sein kann. Das Studium der Schutzwirkung der Lösungen gibt die Möglichkeit, der experimentellen Lösung auch der oben gestellten Frage näherzutreten. Jetzt wissen wir, daß das Ein-

1) BUTJAGIN, Mitteilungen d. Kais. Universität Tomsk, Bd. 25, 1909 (russisch).

2) A. RICHTER, Zentralblatt f. Bacteriologie, II. Abt., Bd. 28, 1910, S. 617.

tauchen der Schnitte in eine mehr oder minder konzentrierte Lösung sie vom Erfrieren schützen kann. Da aber bei diesen Versuchen das Gefrieren und das Auftauen in einer und derselben Lösung vor sich ging, so beantworteten sie die uns interessierende Frage noch nicht. Zum letzteren Zweck muß man die Methodik der Versuche in dem Sinne ändern, daß man den einen Prozeß, nämlich das Gefrieren, in Abwesenheit vom Schutzstoffe, den anderen — das Auftauen in seiner Gegenwart vor sich gehen läßt. Die Resultate solch eines Versuches befähigen uns zum Urteil darüber, wann die Schutzwirkung Platz gehabt hat, und daraus können wir schließen, wann eigentlich das Protoplasma beschädigt war. Solche Versuche habe ich so angestellt, daß ich während 2 Stunden die Rotkohlschnitte in einer minimalen Wassermenge (auf der feuchten Wand eines Glasröhrchens) gefrieren ließ und dann, ohne sie auftauen zu lassen, in die Röhrchen bis — 2,9 ° abgekühlte konzentrierte (2-n- resp. 2-isn-) Lösung von Glukose, Methylalkohol, NaCl oder K-lactat rasch einführte und dann sie noch 2 Stunden im Gefrierapparat bleiben ließ, wo die neu eingeführten Lösungen allmählich gefroren. Die Kontrollportion bekam etwas unter 0 ° abgekühltes Wasser. Das Auftauen ließ ich ganz langsam vor sich gehen, ich begann mit dem Einbringen der Röhrchen in einen bis — 2,9 ° abgekühlten Raum, wo sie 2 Stunden blieben, bis das ganze Eis verschwand (der Gefrierpunkt der 2-n-Lösung liegt bei — 3,7 °). Nur dann wurden sie bis zur Zimmertemperatur erwärmt.

Die Resultate dieser Versuche sind in der Tabelle XXIX wiedergegeben.

Tabelle XXIX.

Rotkohl, gefroren in Wasser, aufgetaut in Lösungen.

	CH_3OH	$C_6H_{12}O_6$	NaCl	K-lactat	0
— 5,8 °	1/4 leb.	leb.	leb.	leb.	1/4 leb.
— 7,8 °	tot	3/4 leb.	3/4 leb.	3/4 leb.	tot
— 11,1 °	tot	tot	tot	tot	tot

Hier zeigte es sich, daß die Art des Auftauens für die Zellen nicht gleichgültig war; die Beseitigung der Wirkung des Wassers kann auf das auftauende Protoplasma eine merkliche Schutzwirkung ausüben. Diese Schutzwirkung ist aber bedeutend schwächer als die früher von uns beobachtete, und daraus müssen wir schließen, daß das Gefrieren, nicht aber das Auftauen beim Zerstören des Plasmas die erste Rolle spielt.

Meine Auffassung über das Erfrieren als Schädigung der Plasmahaut steht mit den neueren physikalisch-chemischen Anschauungen über die Struktur und Beschaffenheit des Plasmas im Einklange. Die meisten Forscher[1]) neigen jetzt zur Ansicht, daß das Protoplasma ein flüssiges Emulsoid (Hydrosol) darstellt. Schon die Beobachtungen von MOLISCH über das Gefrieren der Kolloide lehren uns, daß die meisten organischen Hydrosole, wie Lösungen von Eiweiß oder Gummi arabicum, nach Gefrieren und Auftauen unverändert bleiben. Diese Beobachtungen haben GORKE und später LIDFORSS auf den Gedanken gebracht, daß nicht die Eisbildung selbst, sondern das Denaturieren der Eiweißstoffe durch Salze, deren Konzentration im Zellsafte beim Gefrieren stark wächst, die eigentliche Todesursache ist. Auch die Tatsache, daß das Eis gewöhnlich nur in den Interzellularen gebildet wird, gibt Grund für solch eine Anschauung. Wir sahen aber schon, daß die Theorie von GORKE und LIDFORSS durch unsere Versuche nicht bestätigt wurde. Meiner Ansicht nach müssen wir das Erfrieren durch die Wirkung des Frostes nicht auf Hydrosole, sondern auf Hydrogele des Protoplasmas erklären. Zahlreiche Untersuchungen über das Gefrieren der Kolloide[2]) haben gezeigt, daß die Hydrogele beim Gefrieren beträchtliche Veränderungen erleiden: sie verlieren die Fähigkeit, Wasser zu behalten, bekommen eine Netz- oder Schwammstruktur oder zerfallen in einzelne Klümpchen. Gerade ein solches Hydrogel stellt nach Beobachtungen von GAIDUKOV[3]) die oberflächliche Plasmaschicht dar, und es wäre einleuchtend, warum sie auch der frostempfindlichste Teil der Zelle ist. Es ist aber freilich nicht ausgeschlossen, daß bei einem stärkeren Froste auch die inneren Teile des Protoplasmas koagulieren.

Die von uns festgestellte schwächere Schutzwirkung der Ca-Salze im Vergleich zu der der Na- resp. K-Salze weist auch auf die hervorragende Bedeutung der Plasmahaut beim Erfrieren hin. Es ist bekannt, daß die zweiwertigen Metalle eine stärkere koagulierende Wirkung besitzen als die einwertigen, und wir dürfen aus manchen Gründen annehmen, daß die Ca-Salze eine Bildung einer Art Niederschlagsmembran auf der Plasmaoberfläche hervorrufen. Dadurch erklären einige Forscher[4]) die schützende Rolle des Cal-

1) Siehe LEPESCHKIN, Diese Berichte, Bd. 29, 1911, S. 181.

2) Eine Zusammenfassung dieser Untersuchungen hat H. W. FISCHER in COHNs Beiträgen z. Biologie d. Pflanzen, Bd. X, 1911, S. 133, gegeben.

3) Ultramikroskopie und Dunkelfeldbeleuchtung, Jena 1911, S. 61.

4) Z. B. J. LOEB, Biochemische Zeitschrift, Bd. 36, 1911, S. 275.

cium gegen Natrium. In unserem Falle aber, bei der Schutzwirkung gegen Erfrieren, ist die Bildung einer solchen Niederschlagsmembran eher schädlich, sie muß die Frostempfindlichkeit der Plasmaoberfläche erhöhen. Und in der Tat haben mir spezielle Versuche gezeigt, daß die Schutzwirkung der NaCl-Lösung durch das Zufügen einer geringen Menge von $CaCl_2$, wenn auch unbedeutend, doch merklich schwächer wird.

Kehren wir jetzt zu der Frage zurück, die ich am Anfange meiner Arbeit gestellt habe, und versuchen wir zu beantworten, inwiefern meine Untersuchungen über die chemischen Schutzmittel gegen Erfrieren die natürliche verschieden hohe Kälteresistenz verschiedener Pflanzen erklären können. Wie schon früher erwähnt wurde, suchte LIDFORSS diese Verschiedenheiten in der Kälteresistenz durch ungleich hohen Zuckergehalt verschiedener Pflanzen zu erklären. Diese Erklärung kommt mir etwas einseitig vor, denn meine Untersuchungen über die Schutzwirkung der Salze haben gezeigt, daß nicht nur Zuckerarten allein, sondern auch verschiedene Salze der anorganischen und organischen Säuren die Kälteresistenz der Pflanzenzellen beträchtlich erhöhen können. Dementsprechend müssen auch die Pflanzen, deren Zellsaft eine bedeutende Menge dieser Salze gelöst enthält, wie viele Succulenten und Salzpflanzen, eine bedeutende Widerstandsfähigkeit besitzen[1]). Für viele *Sedum*-, *Sempervivum*- und *Saxifraga*-Arten ist so eine hohe Kälteresistenz festgestellt, und nur über die Salzpflanzen konnte ich in der Literatur keine betreffenden Angaben finden. Die Lehre über die Schutzstoffe erklärt auch die allgemein verbreitete, wenn auch nie genau bewiesene Ansicht, daß die Pflanze desto frostempfindlicher ist, je wasserreicher sie ist, das heißt je verdünnter die Lösung ihrer Schutzstoffe ist. Jetzt ist es auch zu begreifen, warum dieser Satz nur in ganz allgemeinen Zügen richtig ist und warum zwischen der Konzentration der Zellsäfte und der Kälteresistenz keine direkte Proportionalität besteht[2]); außer der Konzentration spielt auch die Zusammensetzung des Zellsaftes eine wichtige Rolle, nämlich das Vorhandensein von Stoffen von verschiedener Schutzwirkung.

---

1) H. BARTETZKO (Jahrbücher f. wiss. Bot., 47, 1909, S. 94) gibt an, daß CAVARA (Bull. d. Soc. bot. ital. 1901, p. 146) bei manchen kälteresistenten Pflanzen sehr hohe Konzentration des Zellsaftes beobachtet hatte. Zu meinem Bedauren hatte ich bis jetzt noch keine Gelegenheit, diese Arbeit CAVARAS im Originale zu lesen.

2) REIN, Zeitschrift für Naturwissensch., Bd. 80, 1908, S. 1.

Wenn wir endlich die Plasmahaut als Organ anerkennen, das zuerst vom Frost angegriffen wird, so müssen wir zum Schlusse kommen, daß die Zusammensetzung von dieser Schicht bei der Bestimmung des Grades der Kälteresistenz von Bedeutung sein kann. Leider wissen wir recht wenig von dieser Zusammensetzung und noch weniger von den Veränderungen, die auf die Kälteresistenz einen Einfluß haben können. Eins nur ist zweifellos, nämlich daß wegen der Oberflächenspannung die Plasmahaut reich an Fetten und Lipoiden sein muß, und es ist sehr wahrscheinlich, daß eine Zunahme von diesen Stoffen sie weniger empfindlich gegen Kälte macht. Werden diese theoretischen Erwägungen mit manchen schon längst bekannten Tatsachen zusammengestellt, nämlich mit dem Ersatz von Stärke durch Öl, welcher bei vielen Baumarten bei Eintritt des Winters stattfindet und mit der geographischen Verbreitung solcher Ölbäume, die am weitesten gegen Norden vordringen, so sehen wir, daß auch hier die von uns experimentell gewonnenen Resultate den empirisch festgestellten Tatsachen nicht widersprechen, sondern ihnen eine rationelle Erklärung geben können.

Botanisches Laboratorium d. K. Forstinstituts St. Petersburg.

63. Hermann Losch: Über das Vorkommen eines zweiten Hüllquirles an den Eiknospen von Chara foetida.

(Mit 10 Textfiguren.)

(Eingegangen am 8. Oktober 1912)

Bei den Eiknospen der Charen wurden schon öfter allerlei Mißbildungen beschrieben. So fand A. ERNST[1]) in den Oogonien von *Nitella syncarpa* einen Pseudohermaphroditismus vor: Spermatogene Fäden entstehen im Oogonium, und die Wendezellen werden besonders ausgebildet. ALEX. BRAUN[2]) führt als seltene Ausnahme sechszellige Krönchen und bei *Chara galioides* ein vier-

1) A. ERNST, Über Pseudo-Hermaphroditismus und andere Mißbildungen der Oogonien bei *Nitella syncarpa*, Flora 1901.

2) ALEX. BRAUN, Über die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Charen. Monatsber. d. Akad. d. Wiss. in Berlin 1852/53

zelliges Krönchen an. A. ERNST schreibt in Flora 1901 Bd. 88 S. 10: „während bei den Charen und Nitellen die Blattzahl der vegetativen Quirle kaum innerhalb einer Art vollständig konstant bleibt, ist die Fünfzahl der Hüllblätter der Oogonien bei allen Arten gemein." Als Ausnahme erwähnt er dann zwei Präparate, die je ein Knöspchen mit aufgelöstem Hüllquirl aus 6 bzw. 7 Hüllblättern enthalten.

Bei Untersuchungen von Charen im Botanischen Institut in Tübingen fand ich nun bei *Chara foetida* Eiknospen vor, die außer

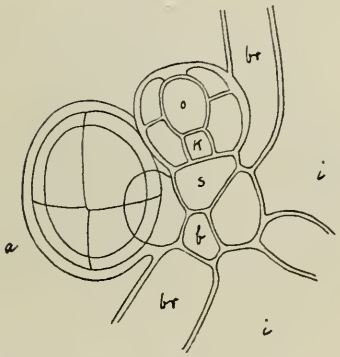


Fig. I. *Chara foetida*. Vergr. 330 : 1.

o = Oogonium
a = Antheridium
br = Berindung
i = Internodium
k = Knotenzelle
s = Stielzelle
b = Basilarknotenzelle.

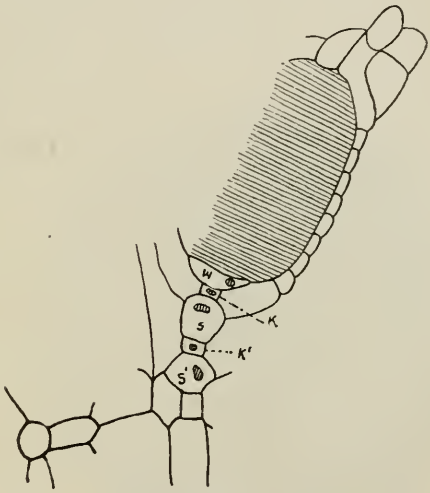


Fig. II. *Chara foetida*. Vergr. 100 : 1.

wie normal { w = Wendezelle, k = Knotenzelle, s = Stielzelle

anormal { k^1 = weitere Knotenzelle, s^1 = Stielzelle

den normalen, spiralig aufgewundenen fünf Hüllschläuchen noch einen weiteren selbständigen Hüllquirl zeigten, der sich basal unter dem normalen Hüllquirl befindet. Das Material bestand ausschließlich aus *Chara foetida* und zwar einer Form, die der *Chara gymnophylla* — einer der ersteren nahe verwandten Art — sich nähert. Ein einziges Exemplar von *Chara gymnophylla* selbst fand sich zwischen den von mir untersuchten Exemplaren von *Chara foetida*. Das ganze Material stammte aus einem schattigen Tümpel in der Nähe von Murrhardt (Württemberg).

Um besser vergleichen zu können, will ich hier zunächst kurz an der Hand einer Zeichnung den normalen Bau einer Eiknospe von *Chara* schildern (vgl. Fig. I). Die Anlage der Eiknospe geht von der Basilarknotenzelle aus und stellt in jungem Zustande ein dreizelliges Sprößchen dar, dessen oberste Zelle zur Eizelle (o) wird, die später an ihrer Basis eine kleine Zelle durch eine Querwand abschnürt, die sogenannte Wendezelle. Die mittlere Zelle des Sprößchens ist eine Knotenzelle (k), aus der fünf periphere Zellen hervorgehen, die zu den Hüllschläuchen heranwachsen, die ihrerseits später sich nochmals teilen, indem sie an ihrer Spitze eine Zelle abschnüren, die sogenannte Krönchenzelle. Anfänglich

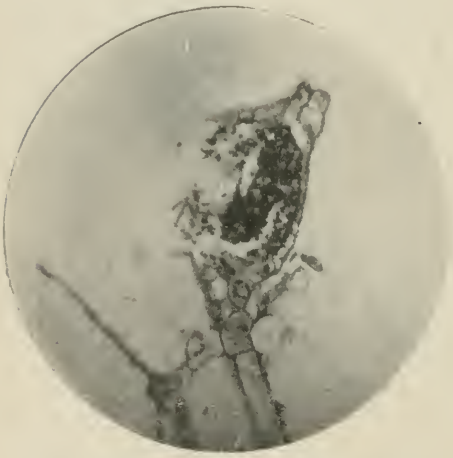


Fig. III. *Chara foetida*. Vergr. 62 : 1.

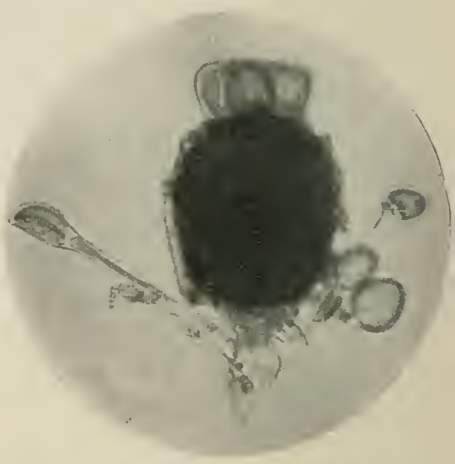


Fig. IV. *Chara foetida*. Vergr. 70 : 1.

sind die eigentlichen Hüllschläuche kaum länger als die Krönchenzellen. Erstere strecken sich aber in ihrer weiteren Entwicklung sehr stark, während die Krönchenzellen klein bleiben. Allmählich winden sich die Hüllschläuche spiralig um die Eizelle herum und umhüllen sie vollständig. Die Krönchenzellen schließen sich dann oben zusammen und bilden das fünfzellige Krönchen. Die unterste Zelle des dreiteiligen Sprößchens teilt sich nicht mehr, sie heißt Stielzelle (s) und sitzt, wie oben erwähnt, der Basilarknotenzelle auf, von der auch das Antheridium seinen Ursprung nimmt.

Wir haben bei normalen Eiknospen also folgende Zellfolge: Basilarknotenzelle, Stielzelle, Knotenzelle, Eizelle mit Wendezelle.

In den von mir beobachteten Ausnahmefällen schieben sich zwischen Basilarknotenzelle und Stielzelle zwei weitere Zellen ein und zwar eine weitere Stiel- und Knotenzelle. Bei diesen abnormen Eiknospen ist also die Reihenfolge der Zellen: Basilar-

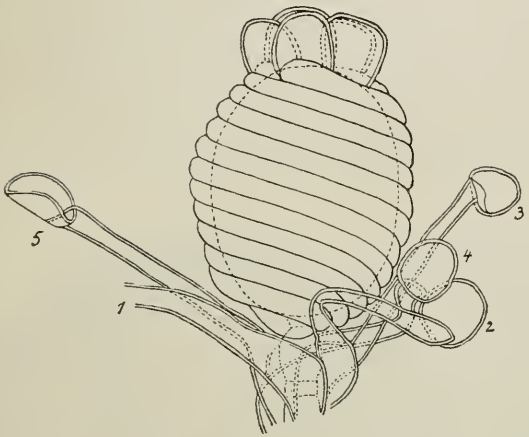


Fig. V. *Chara foetida*. Vergr. 75 : 1.

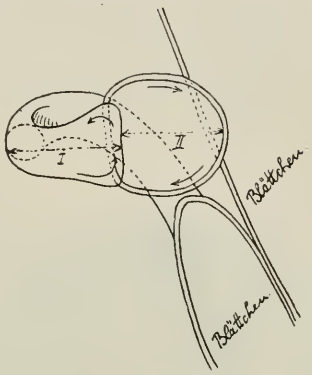


Fig. VI. *Chara foetida*. Vergr. 218 : 1.

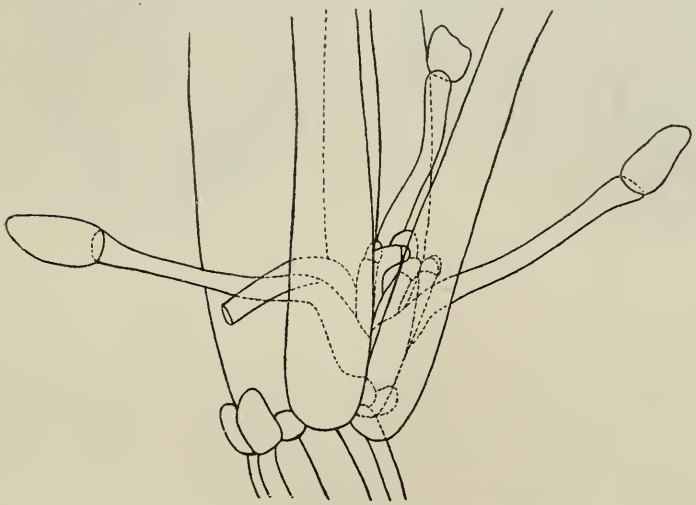


Fig. VII. *Chara foetida* (vgl. Fig. VIII oben). Vergr. 75 : 1.

knotenzelle, eingeschaltete Stielzelle (s^1), eingeschaltete Knotenzelle (k^1), normale Stielzelle (s), normale Knotenzelle (k) und schließlich die Eizelle mit Wendezelle. Wie aus der normalen Knotenzelle (k) die Hüllschläuche peripher gebildet werden, so bringt auch die eingeschaltete Knotenzelle (k^1) ebenfalls peripher

einen Hüllquirl hervor (vgl. Fig. II—V). Auf einem Längsschnitt ist die Zellenfolge deutlich zu sehen (Fig. II u. III); die Hüllschläuche zeigen die Figuren IV und V. Die Eizelle ist hier normal von fünf Hüllschläuchen spiralig umwunden, auch die Zahl der Krönchenzellen beträgt fünf.

Aus der anormal eingeschalteten Knotenzelle entspringen aber fünf weitere Hüllschläuche, die ebenfalls eine Tendenz zu spiraliger Windung zeigen und zwar im selben Sinne wie die normalen Hüllschläuche. Auch die Strömungsrichtung entspricht derjenigen in den normalen Hüllschläuchen beziehungsweise Krönchenzellen. Die

Fig. VIII. *Chara foetida* (vgl. Fig. VII). Vergr. 20 : 1.

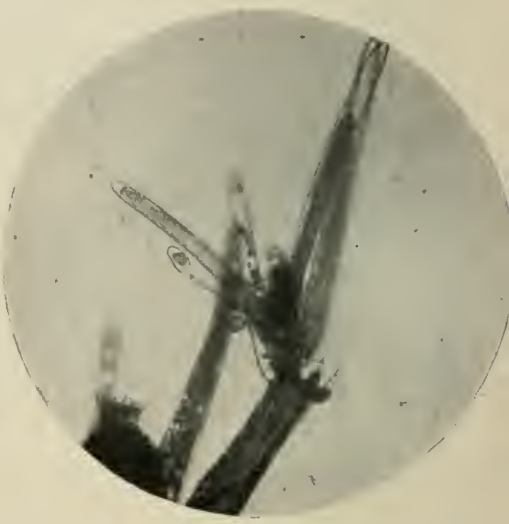


Fig. IX. *Chara foetida*. Vergr. 32 : 1.

Strömungsschnelligkeit ist in den Krönchenzellen viel geringer als in den Hüllschläuchen. In Fig. VI durchläuft ein Plasmakörnchen die Strecke I durchschnittlich in 3 Sekunden, dagegen brauchte ein solches Körnchen zum Durchlaufen der Strecke II durchschnittlich 30 Sekunden. Im Hüllschlauch sah ich große und kleine Körner, in der Krönchenzelle dagegen nur kleine.

Leider konnte ich die Entstehung der einzelnen Zellen der abnormen Eiknospe nicht verfolgen, da ich beim Durchsuchen des Materials nur fertige Eiknospen vorfand, weil sich die jungen Zustände bei der Durchsuchung mit dem Präpariermikroskop dem Auge entziehen. Auf allen Schnitten, die ich machte, fanden sich nur normale junge Anlagen.

Aus den übereinstimmenden Eigenschaften der abnormen Hüllschläuche und der normalen, wie gleichsinnige Windung, gleiche Strömungsrichtung und Strömungsschnelligkeit läßt sich aber vielleicht doch auf die Entstehung der Knotenzelle k^1 ein Schluß ziehen. Offenbar ist diese Windungstendenz eine Vererbung, denn aus mechanischen Gründen ist sie bei diesen überzähligen Hüllschläuchen nicht zu erklären. Die eingeschaltete Knotenzelle k^1 ist gemeinsam mit der normalen Knotenzelle k und den beiden Stielzellen s und s^1 aus der Basilarknotenzelle entstanden. Die eingeschaltete Knotenzelle k^1 und die normale Knotenzelle k müssen also Schwesterzellen sein, da sie dieselben Eigenschaften

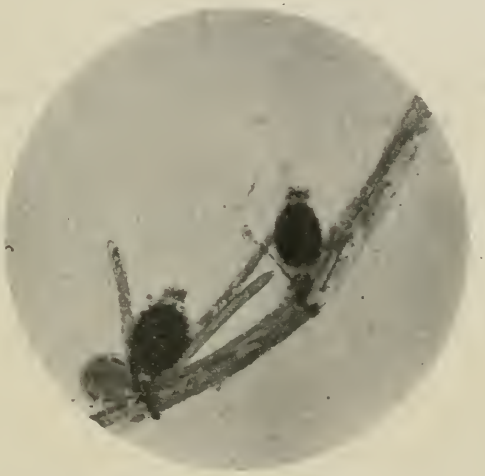


Fig. X. *Chara foetida.* Vergr. 20 : 1. *Losch phot.*

besitzen. Die Teilung wird wohl in folgender Weise vor sich gegangen sein: Die Zellen $(k + s)$ und $(k^1 + s^1)$ müssen gleichaltrige Tochterzellen ein und derselben Mutterzelle sein, die ihrerseits die Knotenzelleneigenschaften in sich barg; $(k + s)$ und $(k^1 + s^1)$ zerfallen dann ihrerseits in k und s bzw. k^1 und s^1.

Während bei Fig. IV und V das Oogonium seine normale Größe erreicht hat, zeigt Fig. VII ein anderes Bild. Die Eiknospe ist im Wachstum sehr zurückgeblieben, die normalen Hüllschläuche haben sich nicht herumgewunden. Offenbar haben sich auf ihre Kosten die abnormen Hüllschläuche um so kräftiger entwickelt. (Fig. VII zeigt den oberen Teil von Fig. VIII, nur stärker vergrößert.)

Während Fig. IV und V die Eiknospen losgetrennt dar-

stellen, geben Fig. VIII—X Bilder der am Blatt sitzenden Eiknospen. Die abnormen Eiknospen treten einmal mit ansitzendem Antheridium, das andere Mal ohne Antheridium auf.

Da mir das Material ausgegangen war und ich die abnormen Fälle zu den Präparaten verwendet hatte, konnte ich leider keine weiteren Beobachtungen oder Versuche anstellen. Es wäre interessant, zu untersuchen, wie sich diese Eiknospen bei der Keimung verhalten und ob die aus ihnen hervorgehende neue Pflanze normale oder derartig abnorme Eiknospen bildet oder beides und dann in welchem Zahlenverhältnis.

Grimmelfingen, Oktober 1912.

---

64. E. Werth und K. Ludwigs: Zur Sporenbildung bei Rost- und Brandpilzen.

(*Ustilago antherarum* Fries und *Puccinia Malvacearum* Mont.)

(Mit Tafel XV.)

(Eingegangen am 10. Oktober 1912.)

Die Frage, ob die Chlamydosporen der Ustilagineen (Brandsporen) und diejenigen der Uredineen (Aecidio-, Uredo- und Teleutosporen) und ebenso die aus diesen hervorgehenden Konidienträger (Promycelien) homologe Gebilde darstellen und damit auf eine relativ nahe Verwandtschaft der beiderlei Pilzgruppen zueinander schließen lassen, ist zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden beantwortet worden. Als vor ca. 20 Jahren, nachdem Brefeld durch Aufstellung seiner Gruppe der *Hemibasidii* der Frage eine besondere Bedeutung und erhöhtes Interesse verliehen hatte, sich die neuen zytologischen Arbeitsmethoden auch auf das in dieser Hinsicht besonders schwierige Gebiet der Pilze warfen, war es natürlich, daß bald auch die Entscheidung über das Wesen des Promycels der Ustilagineen und Uredineen und der diese produzierenden Sporen von dem zytologischen Verhalten bei deren Entwicklung abhängig gemacht wurde. Wenn trotzdem heute nach jahrelangem Widerstreit in fast allen systematischen Darstellungen der Pilze die *Hemibasidii* noch immer in der ihnen von Brefeld angewiesenen Stellung, wenn auch oft stillschweigend und unter vor-

sichtiger Vermeidung jeder Pointierung erscheinen, so zeigt dieses, wie weit wir auch jetzt noch von einer endgültigen Beantwortung der obigen Frage entfernt sind.

Um unsererseits einen Beitrag in dieser Richtung zu liefern, beschlossen wir eine Anzahl in bezug auf bestimmte Frageformulirungen besonders geeignet erscheinender Brand- und Rostpilze zytologisch zu untersuchen. Eine mehrjährige Auslandsreise des einen von uns nötigte uns jedoch zu vorzeitiger Unterbrechung der Arbeiten, weshalb es gestattet sein möge, das bisherige Ergebnis unserer Untersuchungen im Auszuge hier wiederzugeben. Wir möchten dabei in möglichst objektiv sachlicher Darstellung uns jeglicher spekulativer Erörterungen enthalten und auch eine ausführliche kritische Behandlung der Literatur für später vorbehalten. Auch sei auf die Untersuchungsmethoden in dieser vorläufigen Mitteilung nicht näher eingegangen. Indes mag erwähnt sein, daß wir es uns im Hinblick auf die so häufigen nachträglichen Umwertungen zytologischer Befunde von vornherein zur Regel gemacht haben, nur solche mikroskopischen Bilder zur textlichen und figürlichen Darstellung zu benutzen, die nach reiflicher Prüfung durch jeden von uns vollkommen eindeutig gesehen und beurteilt wurden, und außerdem die zu zeichnenden Gegenstände jedesmal vor, während und nach Herstellung des Bildes der eingehenden vergleichenden Kritik des anderen zu unterwerfen.

I. *Ustilago antherarum* Fries.

Über diese Form können wir uns, da sie bereits wiederholt Gegenstand zytologischer Untersuchung gewesen ist[1]), kurz fassen.

Die reifen, ungekeimten Brandsporen enthalten nur einen Kern, an welchem in der Regel ein exzentrisch gelegener Nucleolus zu unterscheiden ist (Fig. 2). Bei der Keimung und Promycelbildung teilt sich der Kern; der eine Tochterkern bleibt in der Spore zurück — er tritt bei der Bildung eines zweiten Promycels aus derselben Spore in Aktion —, während der andere in die junge Promycelanlage wandert (Fig. 3). Hier teilt er sich nach dem Heranwachsen des letzteren nochmals, und es bildet sich die erste Scheidewand im Promycel zwischen den beiden sekundären Tochterkernen (Fig. 4). In diesem Zustande oder noch etwas später, löst sich das Promycel in der Regel von der Spore ab, und in ersterem

1) DANGEARD, Recherches histologiques sur la famille des Ustilaginées. Le Botaniste, Ser. III, 1892, p. 240 ff. HARPER, Nuclear phenomena in certain stages in the development of the Smuts. Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, arts and letters. Vol. XII, part II, 1899, p. 475 ff.

findet eine nochmalige Zell- und Kernteilung statt (Fig. 5 u. 6). Dieselbe betrifft jedoch zumeist nur eine der beiden primären Promycelzellen und zwar wie es scheint, in der Regel die der Spore abgewendete (obere). Das reife (abgefallene) Promycel hat also meist nur 3, seltener 4 Zellen mit je einem Kern.

Dieser Kern verhält sich bei der nunmehr erfolgenden Sporidienbildung ähnlich wie der Primärkern in der Chlamydospore, d. h. er teilt sich, und nur der eine Tochterkern wandert in die zunächst als kleine Ausstülpung (Fig. 6) entstandene, nunmehr aber fast ausgewachsene Sporidie (Conidie) (Fig. 7), während der andere Tochterkern für weitere Sporidienabgliederungen zunächst in der Promycelzelle zurückbleibt (Fig. 8).

Die abgefallenen Sporidien (Conidien) (Fig. 9) verhalten sich wiederum in gleicher Weise wie die einzelnen Promycelzellen; sie stülpen Sekundärkonidien aus und lassen nach vorhergehender Teilung einen Tochterkern in diese hineinwandern (Fig. 10—12). Die Abgliederung der Sekundärconidien kann nach 2 Seiten unmittelbar nacheinander erfolgen (Fig. 10—12). Fusionen sind zwischen den abgefallenen Conidien nicht selten; es findet dabei aber weder eine Verschmelzung, noch überhaupt ein Übertritt des Kernes der einen Conidie in die andere statt (Fig. 13).

Soweit stimmen unsere Beobachtungen mit denen der älteren Autoren überein. Differenzen ergeben sich weiter insofern, als es uns nicht gelang, die von Dangeard angegebene Zweikernigkeit der jungen Brandsporen nachzuweisen. Die aus winzigen Antherenanlagen herausgequetschten Sporen, die noch von gestreckter Form und teilweisem Zusammenhang waren, zeigten uns bereits deutlich nur einen Kern (Figur 1). Auch auf Antheren- oder Blütenschnitten war nichts anderes nachzuweisen. Dagegen konnten wir aus noch jüngerem Material kein eindeutiges, klares Bild erlangen. In der Tat scheinen sich hier Schwierigkeiten zu ergeben, und scheint *Ustilago antherarum* in dieser Beziehung kein günstiges Untersuchungsobjekt zu sein. Denn die winzigen Figürchen mit den punktartigen Kernen, die Dangeard von diesem Stadium gibt, sind nicht sehr überzeugend, und Harper bildet die doppelkernigen Sporen überhaupt nicht ab und verweist auf ersteren[1]).

1) Über die Möglichkeit oder Wahrscheinlichkeit einer Zweikernigkeit in irgend einem Stadium des Pilzes lassen wir uns, entsprechend unserem oben ausgesprochenen Grundsatze nicht aus, was namentlich auch im Hinblick auf die interessante, erst nach Abschluß des Manuskriptes zur vorliegenden Arbeit erschienene, Arbeit von Rawitscher über Ustilagineen (Zeitschr. f. Bot., Jahrg. 4, Heft 10) gesagt sei.

II. *Puccinia Malvacearum* Mont.

Dieser Rostpilz schien insofern ein besonderes Interesse zu bieten, als er weder *Aecidio-* noch *Uredo*sporen, auch keine Pykniden bildet und dadurch einen direkteren Vergleich mit den Ustilagineen in bezug auf seinen Entwicklungsgang (natürlich zunächst rein äußerlich) zuläßt. Eine zytologische Untersuchung der Sporenentwicklung liegt unseres Wissens bisher nicht vor[1]).

Die Entwicklung des Teleutosporenlagers geht auf folgende Weise vor sich: Die in den Interzellularen des Blatt- (oder Stengel-) gewebes der Nährpflanze (*Malva silvestris* L.) unter starker Verdrängung der Wirtszellen wuchernden Hyphen des Schmarotzers treten an gewissen Stellen des Blattes, ungefähr in der Mitte der Blattdicke, bündelartig zusammen. Hier bildet sich dann durch reichliche Verzweigung und innige Verflechtung der Hyphenäste ein dichtes, pseudoparenchymatisches Gewebe, das nach der Blattunterseite zu in radialstrahliger Anordnung keulenförmig stark geschwollene Myceläste treibt. Diese stehen mehr oder weniger senkrecht gegen die Außenhaut des an dieser Stelle alsbald sich wölbenden Blattes gerichtet; sie sind aber zunächst noch von mehreren Zelllagen der Wirtspflanze bedeckt, die bei weiterem Wachstum des Fruchtlagers des Pilzes allmählich bis auf die Epidermis und vielleicht noch eine Zellage verschwinden. Nach außen wird diese Keulenschicht in mehr oder weniger vollkommener Weise von dichtem Hyphengeflecht oder gleichfalls von pseudoparenchymatischem Pilzgewebe umgeben.

Das pseudoparenchymatische Gewebe besteht aus etwa 7 bis 8 Lagen von Zellen, die je einen Kern enthalten (Fig. 14 und 15). Auch die aus ihm hervorgehenden keulenförmigen Mycelanschwellungen sind zunächst, aber nur sehr kurze Zeit, einkernig (Fig. 17 und 18). Bei genauer Verfolgung dieses kurzlebigen Zustandes sieht man, wie benachbarte Keulen paarweise sich dicht aneinander gelegt haben und miteinander in Fusion getreten sind, und kann dann weiter in allen Stadien verfolgen, wie der Kern der einen, regelmäßig kleineren Keule zu dem in der anderen, namentlich am Scheitel stark geschwollen erscheinenden Zelle hinüberwandert (Fig. 19 und 20). Eine nach der kleineren Keule hin-

1) Die Arbeiten von TAUBENHAUS (A contribution to our Knowledge of the Morphology and Life history of *Puccinia Malvacearum* Mont. Phytopathology. Vol. I, 1911; p. 55 ff.) und ERIKSSON, Der Malvenrost (*Puccinia Malvacearum* Mont.), seine Verbreitung, Natur- und Entwicklungsgeschichte. Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar. Bd. 47, Nr. 2) berühren unsere Untersuchungen nicht.

überziehende helle anscheinend plasmaleere Zone läßt den Weg verfolgen, den der wandernde Kern genommen haben muß. Eine Verschmelzung der beiden Kerne findet zunächst nicht statt. Bisweilen sieht man auch in den an die Keulenschicht grenzenden Partieen des pseudoparenchymatischen Gewebes bereits Zellen mit zwei Kernen auftreten (Fig. 16), und wir müssen es nicht für ausgeschlossen halten, daß aus solchen auch von vornherein zweikernige Keulenschwellungen hervorgehen können. Doch scheint im typischen Falle der Übertritt des einen Kernes in die Zelle des zweiten erst in der Keulenschicht in der geschilderten Weise stattzufinden.

Diese keulenförmigen Mycelstränge (Fig. 21 und 22) beginnen nun sich in ihrer Längsrichtung in mehrere Zellen zu gliedern, die je ein Kernpaar enthalten. Die gepaarten Kerne befinden sich bei diesem Vorgange stets in der gleichen Phase, „konjugierte Teilung". Die unteren Zellen bilden den Stiel, die oberen werden zu der meist zweiteiligen Spore selbst (Fig. 23—27). Die definitive Verschmelzung der Kerne in den Zellen der Teleutospore findet sehr spät, meist erst unmittelbar vor ihrer vollen Reife statt (Fig. 28 u. 29—32).

Bei der schon von Sappin-Trouffy[1]) zytologisch untersuchten Keimung und Sporidienbildung der Teleutosporen wurde von uns nichts Neues gefunden, sie entspricht dem üblichen Schema der Uredineen: Der in die schlauchförmige Promycelanlage eingewanderte Teleutosporenkern bildet durch zwei kurz hintereinander erfolgende Teilungen vier Kerne. Zugleich damit werden unter gleichzeitigem Wachstum des Promycels zur definitiven Größe durch Scheidewandbildung erst zwei und dann vier Zellen im Promycel gebildet, die je einen Kern enthalten (Fig. 33—35). Aus jeder dieser Zellen wächst dann eine Vorstülpung heraus, die an der Spitze blasig anschwillt und das Sterigma mit der Sporidie ergibt. Wenn letztere fast ihre definitive Größe erreicht hat, wandert der Kern in sie hinein (Fig. 36—39).

Wenn wir zum Schluß, uns weiterer theoretischer Erörterungen enthaltend, die Hauptresultate aus dem Vorhergehenden kurz zusammenfassen, so ergeben sich etwa folgende Sätze:

1. Bei der Entwickelung der Teleutosporen von *Puccinia Malvacearum* sind dieselben Vorgänge im Verhalten der Kerne zu beobachten, wie sie bei anderen Uredineen sich auf verschiedene „Sporengenerationen" (Aecidio-, Uredo- und Teleutosporen) verteilen,

---

1) Sappin-Trouffy, Recherches histologiques sur la famille des Urédinées. Le Botaniste, Ser. IV, 1894/95, p. 59 ff.

was zweifellos dafür spricht, daß bei letzteren Rostarten die verschiedenen Chlamydosporen sich erst aus einer ursprünglichen einheitlichen Form heraus differenziert haben. Hiermit im Einklang steht auch der gleiche zytologische Entwickelungsgang bei *Endophyllum* [1]), wo zum Unterschied von *Puccinia Malvaccarum* die einzige Chlamydosporenform nicht der Teleuto-, sondern der Aecidiosporenform der mehrsporigen Uredineen äußerlich gleicht.

2. Nach unserer Darstellung unterscheidet sich, im Einklang mit den Angaben älterer Autoren, die Keimung der Chlamydosporen und die Sporidienbildung bei den Ustilagineen dadurch von der bei den Uredineen, daß bei ersteren immer nur ein Teilkern in das Promycel sowohl wie in die Sporidie wandert, während der verbleibende Schwesterkern eine neue Promycel- bzw. Sporidienbildung zu veranlassen imstande ist [2]). Da Ähnliches ausnahmsweise auch bei Uredineen beobachtet wird [3]), so dürfte hierin kein prinzipieller Unterschied zwischen Ustilagineen und Uredineen zu erblicken sein.

3. Über das zytologische Verhalten bei der Entstehung der Chlamydosporen selbst vermochten unsere Untersuchungen an *Ustilago antherarum* keine Auskunft zu erteilen. Wenn zwar es vielleicht nicht mehr zweifelhaft sein kann, daß allgemein bei den Brandpilzen gleichwie bei den Uredineen in der Chlamydosporenanlage eine Verschmelzung zweier Kerne statthat, so sind wir doch noch über das Zustandekommen dieser Zweikernigkeit vollkommen im unklaren. Es ist dies ein Punkt, der vorläufig einen strikten Vergleich zwischen Ustilagineen und Uredineen nicht weiter kommen läßt [4]).

Erklärung der Tafel XV.

Fig. 1. Junge Brandsporen von *Ustilago antherarum*.
Fig. 2. Reife ungekeimte Sporen derselben.
Fig. 3. Promycelanlage (auskeimende Brandsporen) derselben Art.
Fig. 4, 5, 6. Teilungsvorgänge bei der weiteren Ausgestaltung des Promycels.
Fig. 7. Reifes, Sporidien abschnürendes Promycel; der Kern der unteren, unausgewachsenen Sporidie noch vor der Einwanderung in dieselbe.

---

1) Hoffmann: Zur Entwicklungsgeschichte von *Endophyllum Sempervivi*. Centralbl. für Bakteriologie usw. 2. Abt., 32. Band, S. 137 ff.

2) Eine gleiche Regeneration kommt dann ferner auch den abgeschnürten Sporidien der Ustilagineen zu (Hefesprossung).

3) Hoffmann, a. a. O., S. 153.

4) Siehe übrigens die oben zitierte, jüngst erschienene Arbeit von F. Rawitscher, die vornehmlich in dieser Hinsicht neues Material liefert.

Fig. 8. Dasselbe, alle Sporidien mit Kern.
Fig. 9. Abgeworfene einkernige Sporidien.
Fig. 10 u. 11. Teilungsvorgänge bei der Bildung von Sekundärkonidien.
Fig. 12. Abschnürung von Sekundärkonidien, diese zumeist schon mit Kern.
Fig. 13. Paarweise Fusionen der Sporidien.
Fig. 14—39. *Puccinia Malvacearum.*
Fig. 14. Pseudoparenchymatisches Gewebe des Pilzes unter der Keulenschicht.
Fig. 15. Dasselbe.
Fig. 16. Einzelne zweikernige Zelle dieses Gewebes.
Fig. 17 u. 18. Junge Zellen aus der Keulenschicht, einkernig.
Fig. 19 u. 20 Verschiedene Stadien der Fusion zwischen zwei Keulen (Teleutosporenanlagen) und des Übertrittes des Kernes der einen Zelle zu demjenigen der anderen.
Fig. 21 u. 22. Zweikernige Keulen.
Fig. 23—27. Die verschiedenen Stadien der Zellreihenbildung in den Teleutosporenanlagen (konjugierte Teilung).
Fig 28. Fast reife Teleutospore, in jeder Zelle zwei Kerne.
Fig. 29—32. Verschiedene Stadien der endgültigen Reifung der Teleutosporen (Kernverschmelzung).
Fig. 33, 34, 35. Wachstums- und Teilungsvorgänge in dem aus der Teleutospore auskeimenden Promycel.
Fig. 36, 37, 38. Sporidienbildung. .
Fig. 39. Reife, abgefallene Sporidie.
Fig. 1—13 in 1500facher, Fig. 14—39 in 1000facher Vergrößerung.

65. W. W. Lepeschkin: Zur Kenntnis der Todesursache.

(Eingegangen am 22. Oktober 1912.)

1. Vorbemerkungen.

In einem kurzen Aufsatze über die Todesursache zu schreiben, ist begreiflicherweise nur bei einer Einschränkung der Aufgabe möglich, und, da zurzeit der Protoplast meistens als alleiniger Sitz des Lebens angesehen wird, so beabsichtige ich, in den folgenden Zeilen nur die Ursache des Protoplastentodes zu betrachten; außerdem sollen diese Betrachtungen nur auf Grund derjenigen Versuche, die zum Teil schon in meinen früher erschienenen Arbeiten beschrieben wurden, zum Teil aber noch zu publizieren sind, gemacht werden.

Um im weiteren Mißverständnisse zu vermeiden, möchte ich vor allem daran erinnern, daß als Tod eine irreversible Unter-

brechung der Lebensäußerungen bezeichnet wird, und daß, wie die neuesten Untersuchungen an Samen, Bakterien u. a. erweisen, die Lebenserscheinungen bei niedrigen Temperaturen oder beim Austrocknen nur reversibel verschwinden können, um unter passenden äußeren Bedingungen von neuem zum Vorschein zu kommen. Ein solches reversibles Ausbleiben der Lebensäußerungen kann bekanntlich so vollkommen sein, daß man tatsächlich von einem leblosen, aber zum Leben fähigen Organismus und von einem Scheintode sprechen darf.

Doch ist ja kein Organismus imstande, sich ohne Wachstum und Verjüngung auf die Dauer lebendig zu erhalten! Die reversible Lebensunterbrechung geht bekanntlich allmählich in die irreversible über, und der Scheintod wird dann zum wirklichen Tode. Demzufolge kann die Fähigkeit zum Leben nur durch das Leben selbst unterhalten werden. Das Lebende ist also durch eine Labilität des darin wirkenden Kraftsystems charakterisiert, welche nur im Stoff- und Energiewechsel mit dem umgebenden Medium entstehen kann; sich selbst überlassen geht dagegen dieses Kraftsystem über kurz oder lang ins Gleichgewicht über, welches dem Toten eigentümlich ist.

Um die direkte Ursache des Protoplastentodes zu erforschen, haben wir also den erwähnten Übergang ins Gleichgewicht näher zu verfolgen und die Kräfte zu bestimmen, welche denselben bewirken.

2. Kann die Todesursache in einer Veränderung der morphologischen Verhältnisse im Protoplasten liegen?

Um diese erste Frage beantworten zu können, müssen wir uns vor allem der Tatsachen erinnern, welche beweisen, daß nicht alle Veränderungen der morphologischen Verhältnisse im Protoplasten zu seinem Tode führen. So können bekanntlich Protoplastenstücke verschiedener Größe vom Infusorienleibe u. a. abgeschnitten werden, ohne demjenigen Teile, welcher den Zellkern behält, großen Schaden zuzufügen. Und wenn die abgetrennten kernlosen Protoplasmateile schließlich doch zugrunde gehen, so weisen sie ja eine Zeitlang nach ihrer Trennung vom übrigen Protoplasten dieselben Lebenserscheinungen wie vorher auf. So blieben in den Versuchen GERASSIMOWs[1]) die kernlosen Zellen von *Spirogyra* bis zu 14 Tagen am Leben, indem sie ihr Wachs-

1) Bulletin de la Socété Imperiale des Naturalistes de Moscou. 1901. Nr. 1 u. 2. S. 195.

tum fortsetzen, Stärke bildeten usw.; kernlose Stücke von Amöben konnten in den Versuchen von STOLC[1]) wochenlang mit Beibehaltung ihrer normalen Bewegungen isoliert am Leben erhalten werden.

In kernlosen Protoplastenstücken hört also das Leben nicht sofort auf; es ist zurzeit nur unmöglich, dasselbe auf eine beliebige Dauer zu verlängern. Wenn die erwähnten Plasmastücke schließlich doch zum Leben unfähig werden, so haben wir es hier offenbar mit einer Erscheinung zu tun, welche dem Erlöschen der Lebensfähigkeit in trockenen Samen analog ist. Wie in den letzteren ist der Stoff- und Energiewechsel offenbar auch in den kernlosen Protoplastenstücken nicht stark genug, um die nötige Labilität des Kraftsystems auf die Dauer zu unterhalten[2]).

Die den Kern enthaltenden Protoplastenteile, welche in den intakten Zellen an die kernlosen Teile angrenzten und sich mit den letzteren in Berührung befanden, waren also nötig, um den normalen Stoff- und Energiewechsel in denselben zu bewirken. Andererseits hilft auch die Verbindung der kernlosen Plasmateile mit den kernhaltigen in der intakten Zelle nicht, wenn der Stoff- und Energiewechsel des letzteren auf irgend eine Weise (z. B. durch Verhungern, durch eine zu hohe Temperatur, durch eine gelinde Giftwirkung usw.) beeinträchtigt wird: alles geht über kurz oder lang zugrunde.

Die Störung irgendeines morphologischen Zusammenhanges zwischen dem Protoplasma (Cytoplasma) und dem Zellkern selbst kann also das oben erwähnte Kraftgleichgewicht nicht herbeiführen und daher keine direkte Ursache des Todes sein.

Das Gesagte bezieht sich offenbar auch auf die Störung irgendeines morphologischen Zusammenhanges zwischen den Chromatophoren und der übrigen Protoplastenmasse, weil die ersteren getrennt von der letzteren bekanntlich ihre Lebenserscheinungen noch ziemlich lange beibehalten können[3]). Außerdem bleiben be-

---

1) Zeitschr. f. allg Physiol. Bd. 1. 1902.

2) Übrigens bleibt es noch unentschieden, ob die getrennten Protoplastenteile nicht deshalb zugrunde gehen, weil ihre Isolierung mit einer Protoplastendeformierung verbunden ist, welche schädlich und sogar tötlich sein könnte. (Vgl. hierzu meinen Aufsatz in diesen Berichten. 1910, S. 97 und 386.)

3) PFEFFER, Pflanzenphysiologie 1897, Bd. I, S. 288.

FAMINCIN, Bulletin de l'Acad. Imp. d. Sc. d. St. Petersbourg. 1912. S.. 58. In den Versuchen dieses russischen Gelehrten blieben isolierte Chloroplasten einige Wochen lang am Leben.

kanntlich die Spermatozoiden von *Vaucheria* u. a. unter passenden Bedingungen lange am Leben, obwohl sie keine Chromatophoren besitzen und aus dem zahlreiche Chloroplasten enthaltenden Protoplasma der Algenzellen entstehen.

Daß der Tod nicht durch eine Störung der groben morphologischen Verhältnisse in der Zelle hervorgerufen wird, beweist schon die Tatsache, daß die morphologischen Bestandteile der Zelle auch nach dem Absterben der letzteren ihre Form und gegenseitige Lage behalten.

Was nun die morphologischen Verbindungen zwischen feineren sichtbaren lebenden Bestandteilen des Protoplasten anbelangt (z. B. zwischen Mikrosomen u. a.), so kann auch ihre Störung keinen Tod direkt verursachen, weil ein beliebiger Protoplastenteil, wenn er den Zellkern enthält, bekanntlich weiter leben kann.

Wenn also die direkte Ursache des Todes nicht in einer Veränderung der sichtbaren morphologischen Verhältnisse im Protoplasten liegt, so ist diese Ursache vielleicht in einer Störung des gegenseitigen Zusammenhanges zwischen unsichtbaren lebenden Protoplastenteilen, etwa zwischen Granula, Biophoren, Protomeren usw. zu suchen. Man könnte z. B. denken, daß getrennte Protoplasmateile, welche so klein sind, daß sie nur einzelne der genannten lebenden Körper enthalten, nicht mehr lebensfähig sind. Dafür schien zunächst die Tatsache zu sprechen, daß ein gründliches Zerreiben des Protoplasmas den sofortigen Tod desselben herbeiführt.

Weiter haben meine Versuche vor kurzem gezeigt (diese Berichte 1910), daß eine auch noch so zarte Protoplastendeformierung öfters das Absterben gewisser Algen (z. B. *Spirogyra*) hervorrufen kann, so daß man denken könnte, daß eine ganz unbedeutende Veränderung der gegenseitigen Anordnung oder der Abstände der lebenden Zellbestandteile tötlich sein kann.

Meine Versuche haben aber zugleich gezeigt, daß nur eine plötzliche und rasch stattfindende oder mehrmals wiederholte Deformierung zum Protoplastentode führt, während eine eben so starke aber nur langsam stattfindende Formänderung des Protoplasten unschädlich ist. Eine Verlagerung der lebenden Zellbestandteile und eine Störung des morphologischen Zusammenhanges zwischen denselben kann also noch nicht den Protoplastentod hervorrufen.

Daß der Tod bei der Protoplastendeformierung nicht durch eine Störung der morphologischen Verhältnisse verursacht wird, beweist auch die in den erwähnten Versuchen beschriebene Tat-

sache, daß eine ganz schwache alkalische Reaktion der umgebenden Flüssigkeit das Absterben der *Spirogyra*-Zellen infolge der Deformierung verhindert, während eine saure Reaktion sie besonders empfindlich gegen dieselbe macht. Wenn der Tod bei der Protoplastendeformierung durch eine Lagenverschiebung der unsichtbaren Lebensträger und der infolgedessen eintretenden Störung des gegenseitigen Zusammenhanges zwischen denselben hervorgerufen würde, so wäre ganz unbegreiflich, weshalb die alkalische Reaktion eine solche Störung unwirksam macht, die saure sie dagegen verstärkt. Zwar könnte man diese Erscheinung in der Weise deuten, daß man etwa voraussetzte, daß die saure Reaktion die Verletzung eines die unsichtbaren lebenden Protoplastenbestandteile verbindenden, festen Stromas begünstige, die alkalische sie dagegen erschwere, indem z. B. Säuren und Alkalien mit den das Stroma zusammensetzenden Stoffen reagieren und dadurch seine Festigkeit verändern. Eine solche Voraussetzung hat aber schon deshalb keine Berechtigung, weil das Protoplasma wenigstens in Pflanzenzellen bekanntlich flüssige Eigenschaften besitzt und das Vorhandensein eines festen, die genannten Lebensträger miteinander verbindenden Stromas also unmöglich ist[1]).

Die eben angeführte Tatsache, daß die Einführung von Alkali- oder Säuremolekülen in den Protoplasten bei der Deformierung desselben sein Absterben verhindert resp. begünstigt, kann nur darauf hinweisen, daß die Todesursache in diesem Falle auf einer Störung des Zusammenhanges zwischen den den Protoplasten bildenden Atomen, Molekülen oder Molekularkomplexen beruht. Das Absterben bei einer Deformierung oder einem Zerreiben des Protoplasten wird also durch irgendeinen physikalischen oder chemischen Vorgang verursacht.

Wenn aber die Kräfte, welche das im lebenden Protoplasma herrschende labile Kraftsystem ins Gleichgewicht bringen, selbst beim Absterben, hervorgerufen durch einen mechanischen Eingriff, von chemischen oder physikalischen Vorgängen im Protoplasten herrühren, um so weniger könnte dann der Tod, hervorgerufen durch chemische und physikalische Eingriffe, durch ein zu lange dauerndes Verweilen des Protoplasten im Zustande des Scheintodes oder anderswie, seine Ursache in einer Veränderung der morphologischen Verhältnisse in der Zelle haben.

In Anbetracht des Gesagten wird man zum Schlusse berechtigt sein, daß der Protoplastentod in allen Fällen durch che-

1) Vgl. hierzu meinen Aufs. in diesen Ber. 1911, S. 181.

mische oder physikalische Vorgänge in der lebenden Substanz verursacht wird und daß sich dies letztere von der toten Substanz vor allem entweder durch chemische Zusammensetzung oder durch ihren physikalischen Zustand und in keinem Falle durch morphologischen Bau (Organisation) unterscheiden muß. Somit ist auch eine lebende Substanz denkbar, welche keine morphologische Struktur und keinen üblichen Zellenbau besitzt[1]).

3. Über chemische Vorgänge beim Absterben.

Von seiten verschiedener Forscher wurde bekanntlich die Vermutung ausgesprochen, daß die lebende Substanz sich von der toten durch ihre chemische Konstitution unterscheiden muß; es seien zunächst die Hypothesen von PFLÜGER, DETMER, VERWORN u. a. hervorgehoben. Diese Hypothesen stimmen darin überein, daß sie die lebende Substanz als einen sehr zersetzungsfähigen Körper betrachten, welcher aus zwei Atomkomplexen, einem stickstoffreien und einem stickstoffhaltigen zusammengesetzt sei; von diesen zwei Komplexen werde bekanntlich nur der erstere im Stoffwechsel abgesprengt und fallen der weiteren Zersetzung anheim, der letztere werde dagegen zu lebender Substanz regeneriert.

Nach VERWORN[2]) nimmt die Regeneration der lebendigen Substanz bei Atrophie und Verhungern, welche schließlich den Tod herbeiführen, immer mehr ab, so daß schließlich die ganze lebendige Substanz zerfällt. Ob sich aber auch bei raschem Absterben die erwähnte chemische Verbindung zersetzt, so daß der stickstoffreie und sticksoffhaltige Teil der lebenden Substanz auseinandergehen, läßt sich aus den Betrachtungen der oben genannten Autoren nicht ersehen.

In bezug auf den vermutlichen chemischen Unterschied zwischen der lebenden und toten Substanz spricht sich die bekannte Cyanhypothese PFLÜGERs bestimmter aus, indem sie im Molekül der lebenden Substanz die Anwesenheit eines cyanhaltigen Eiweißkörpers voraussetzt, der in der toten Substanz fehlen soll.

Auf die Anwesenheit einer bestimmten chemischen Gruppe (Aldehydgruppe) führt auch die Hypothese von LOEW und BO-

1) Man vgl. hierzu HEIDENHAIN, M., Plasma und Zelle. 1907. Über Zwillings-, Drillings- und Vierlingsbildungen usw. Anatom. Anzeiger Bd. 40, Nr. 4—5, 1911.

2) VERWORN, Allgemeine Physiologie. 1909. S. 381.

KORNY den chemischen Unterschied zwischen der lebendigen und toten Substanz zurück[1]).

In diesem kurzen Aufsatze muß ich freilich auf eine eingehende Kritik der zwei genannten Hypothesen verzichten. Es genügt aber darauf hinzuweisen, daß diese Hypothesen zurzeit sich keines großen Beifalls erfreuen[2]), und daß eine direkte experimentelle Prüfung derselben schon deshalb unmöglich ist, weil die Anwendung der für die Erforschung der chemischen Konstitution notwendigen Reaktionen auf die lebende Substanz diese sofort zum Absterben bringen würde.

Um die chemische Konstitution der lebenden Substanz mit derjenigen der toten zu vergleichen, ist man also nur auf die milderen physikalischen Methoden angewiesen. Solche Methoden sind z. B. die Lösungsfähigkeit, die Adsorptionsfähigkeit und die Koagulierbarkeit, welche bekanntlich zusammen mit der chemischen Konstitution ansehnlich variieren können.

In der Tat weist schon die sogenannte Vitalfärbung darauf hin, daß die lebende Substanz beim Absterben sich chemisch verändert. Die Anwendung dieser Färbung zeigt, daß die lebende Substanz (Protoplasma, Kerne, Chromatophoren) die Aufnahme der Farben geradezu verweigert, und daß die Färbbarkeit der Zellbestandteile im lebenden und toten Zustande gänzlich verschieden ist[3]).

Bei Gärungschemikern ist die folgende Prüfungsmethode, welche zu entscheiden hat, ob vorliegende Hefezellen lebend oder tot sind, sehr im Gebrauch. Man behandelt die zu prüfende Hefe mit einer ziemlich starken (z. B. 0,1 pCt.) Fuchsinlösung und beobachtet unter dem Mikroskope, ob sich die Zellen stärker gefärbt haben als die umgebende Flüssigkeit; wenn die Hefenfärbung stärker erscheint, so kann man mit Sicherheit behaupten, daß die Zellen abgestorben sind; bleiben die Zellen farblos, so sind sie lebend. Das lebende Protoplasma färbt sich also nicht mit Fuchsin, trotzdem es den Farbstoff im toten Zustande sehr gierig adsorbiert. Demnach ist ein Unterschied in der chemischen Zusammensetzung der lebenden und toten Substanz sehr wahrscheinlich.

Daß in der lebenden Substanz Eiweißkörper (in weitem Sinne des Wortes, also auch deren Verbindungen) vorhanden sind, wurde

---

1) Loew u. Bokorny, Die chemische Kraftquelle im lebenden Protoplasma 1882. Biol. Cltbl. 1891, Bd. 11, S. 5 usw.

2) Verworn, Allgemeine Phisiologie, 1909. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, II. Aufl., I. Bd., S. 57 u. a.

3) Heidenhain, Plasma und Zelle, 1907, S. 443 u. 447.

von niemand geleugnet; wie gesagt, es wurden nur Vermutungen ausgesprochen, daß diese Eiweißkörper darin anders gebaut sind als die toten Eiweißkörper. Diese Vermutungen durch eine physikalische Methode zu prüfen, ist freilich zurzeit unmöglich, weil Eiweißkörper, welche andere chemische Gruppen als die bekannten toten Eiweißkörper enthalten, bis jetzt überhaupt nicht erhalten wurden. In einigen von mir in diesen Berichten veröffentlichten Aufsätzen[1]) habe ich schon über die chemische Zusammensetzung einer Form der lebenden Substanz, nämlich von derjenigen der Plasmamembran, berichtet. Auf Grund der mittelst physikalischer Methoden erhaltenen Resultate kam ich in diesen Aufsätzen zum Schlusse, daß die Plasmamembran Eiweißkörper enthält, welche ähnliche physikalische Eigenschaften besitzen, wie bekannte tote Eiweißkörper. Somit habe ich keinen Anlaß, anzunehmen, daß die Eiweißkörper der lebenden Substanz eine andere Konstitution besitzen. Die Eiweißkörper mit anderer Atomgruppierung als die übliche, würden überhaupt nicht mehr als Eiweißkörper bezeichnet werden dürfen.

Wenn also kein Grund vorhanden ist, anzunehmen, daß die lebende Substanz Eiweißkörper einer anderen Konstitution enthält, so ist damit nicht gesagt, daß diese Substanz eine gleiche chemische Zusammensetzung besitzt wie die tote. Im Gegenteil! Die oben erwähnte Tatsache, daß die lebende Substanz die Aufnahme der Farben geradezu verweigert, während sie nach dem Absterben dieselben begierig aufspeichert, weist unzweideutig darauf hin, daß sich Eiweißkörper (oder deren färbbare Verbindungen) in der lebenden Substanz in einer Verbindung mit anderen chemischen Körpern befinden, und zwar wahrscheinlich mit solchen Körpern, welche die Aufnahme der wasserlöslichen Anilinfarben selbst verweigern. Beim Absterben wird aber diese Verbindung offenbar zerstört.

In einem meiner früheren Aufsätze[2]) habe ich gezeigt, daß die zusammenhängende Phase der Plasmamembran gleichzeitig Wasser, Eiweißkörper und Lipoide enthält, welch letztere wasserlösliche Farbstoffe nicht adsorbieren. In diesem Aufsatze wurde auch die Vermutung ausgesprochen, daß die lebende Plasmamembran aus lockeren Verbindungen der genannten chemischen Körper zusammengesetzt ist. Diese Verbindung ist aber so unbeständig, daß sie schon durch die bei der Protoplastendeformierung und der

1) Diese Berichte 1910 u. 1911.
2) Diese Berichte 1911, S. 247 u. 349.

Koagulation stattfindende innere Bewegung, ähnlich wie manche explosive Stoffe, zerstört werden kann.

Das Gesagte bezieht sich offenbar auch auf die lebende Substanz im allgemeinen, weil einerseits die letztere sich ähnlich wie die Plasmamembran gegen Farbstoffe, anästhesierende Stoffe, mechanische Eingriffe, hohe Temperatur usw. verhält, indem sie, wie gesagt, die Aufnahme von Farben verweigert, bei einer ähnlichen Konzentration der anästhesierenden Stoffe in der umgebenden Lösung wie die Plasmamembran und bei einer naheliegenden Temperatur koaguliert[1]), und weil sie andererseits zur Bildung der Plasmamembran befähigt ist[2]).

Verbindungen der Lipoide mit Eiweißkörpern und zwar Lecithalbumine wurden bekanntlich in den letzten Jahren aus verschiedenen Tierorganen erhalten und sogar künstlich hergestellt[3]). Die Eigenschaften dieser Substanzen weichen jedoch von derjenigen der lebenden Substanz wesentlich ab. So färben sich solche Eiweißlipoide sehr leicht durch Methylenblau, Safranin, Hämatoxylin u. a.; ihre Reaktion ist stets sauer, weil sie sogar immer in saurem Medium gebildet werden; sie sind meist in Wasser unlöslich und, wenn sie doch löslich sind, gerinnen sie nicht bei Siedehitze.

Nach diesen Angaben zu urteilen, kann man mit Sicherheit behaupten, daß bestimmte Verbindungen oder gegenseitige molekulare Lösungen, welche Lipoide und Eiweißkörper in der lebenden Substanz bilden, mit den bis jetzt erhaltenen Lecithalbuminen nichts gemein haben: die lebende Substanz wird schon durch mechanische Angriffe zum Absterben gebracht, und, wenn also eine solche Substanz einmal im Laboratorium erhalten worden wäre, so würde sie bei dem groben Laboratoriumsverfahren, das bei Herstellung der Lecithalbumine angewandt wird, sehr bald ihre eigentümlichen Eigenschaften verlieren.

Wenn also die lebende Substanz aus einer Verbindung der Eiweißkörper mit Lipoiden und Wasser besteht, so müssen diese Verbindungen anders zusammengesetzt sein. Vielleicht sind sie lockere Verbindungen der Eiweißkörper mit anderen Lipoiden, so z. B. mit Cholesterinen, Fetten usw., die in Laboratorien noch nicht erhalten sind.

Die Lecithalbumine entstehen offenbar aus der lebenden Substanz; sie können also nur als Produkt einer Zersetzung der großen

---

1) l. c. S. 255 u. 259. 1910, S. 99.

2) Pfeffer, Zur Kenntnis d. Plasmahaut u. d. Vacuolen, S. 252.

3) Wintersteins Handbuch d. vergleich. Physiologie, Bd. I, S. 88—89.

Moleküle der lebenden Substanz betrachtet werden, welche außerdem noch andere Verbindungen von Eiweißkörpern mit Lipoiden enthalten können. Beim Absterben, das auch durch mechanische Eingriffe verursacht werden kann, zersetzen sich diese komplizierten lockeren Verbindungen, so daß färbbare Körper (Eiweißkörper und Lecithalbumine) entstehen.

4. Über die physikalischen Vorgänge beim Absterben.

In meinen oben zitierten Aufsätzen habe ich darauf hingewiesen, daß die Plasmamembran der Pflanzenzellen im lebenden Zustande eine flüssige, nach dem Absterben aber eine feste Formart besitzt. Daß das innere lebende Protoplasma (wenigstens das der Pflanzenzellen) auch eine flüssige Konsistenz besitzt und erst nach dem Tode erstarrt, ist meines Wissens zurzeit von den meisten Physiologen anerkannt; wenn nun einige wenige Zoologen noch jetzt an der Lehre von der festen Konsistenz des lebenden Protoplasmas festhalten, so dürften sie nach dem Erscheinen der Arbeiten von RHUMBLER und von mir[1]) kaum ihre früheren Ansichten aufrechterhalten.

Über die Struktur des Protoplasmas berichtend, habe ich nämlich gezeigt, wie zwei Flüssigkeiten einen festen Körper bilden können, indem sie sich zu einem echten Schaum vermischen. Alle lebenden festen Protoplastenteile, die eine Schaumstruktur haben, bestehen also aus einer Mischung flüssiger Körper. Beim Absterben verwandelt sich einer oder alle dieser flüssigen Körper in feste, und der ganze Vorgang macht den Eindruck einer Gerinnung.

Die Erstarrung der den Protoplasten bildenden Flüssigkeiten fällt jedem, der das Absterben unter dem Mikroskope verfolgt, in die Augen und hat schon lange die Aufmerksamkeit verschiedener Forscher auf sich gelenkt. Schon lange ist z. B. der Gedanke ausgesprochen worden, daß bei dem Absterben eine Koagulation der im Protoplasma befindlichen Stoffe stattfindet.

Da die Hauptmenge der das Protoplasma bildenden Substanzen kolloiden Charakter besitzt, so bezeichneten manche Forscher das Protoplasma einfach als Kolloid (so z. B. NÄGELI, der für die Kolloide und das Protoplasma einen ähnlichen Micellarbau vorschlug, ARTHUR MEYER u. a.).

---

1) RHUMBLER, Arch. f. Entwicklungsgesch., herausg. v. ROUX, XXX. Bd., 1910, S. 195. LEPESCHKIN, Über die Struktur des Plasmas, Diese Ber. 1911, Bd. XXIX, S. 181.

Die Fortschritte, welche die Kolloidchemie in den letzten Jahren gemacht hat, mußten gewiß auch Einfluß auf die Lehre von der lebendigen Substanz haben. Die ultramikroskopischen Untersuchungen des Protoplasten vermochten aber keine sichere kolloidale Struktur in demselben zu konstatieren. So fanden z. B. Gaidukow und André Mayer[1]), daß das Ultramikroskop im Protoplasten nichts Neues zu entdecken vermag. Alle Gebilde, die unter dem Ultramikroskope zu sehen waren, sind auch im gewöhnlichen Mikroskop sichtbar; in anderen Fällen erwies sich das Protoplasma optisch leer. Übrigens würde man ein anderes Resultat der ultramikroskopischen Untersuchungen des Protoplasten auch kaum erwarten können, weil die denselben bildenden kolloiden Stoffe in die Gruppe der sogenannten Emulsoide gehören, die auch im Ultramikroskop optisch leer erscheinen.

Trotz der erwähnten mißlungenen Untersuchungen ist eine Analogie zwischen den physikalischen Eigenschaften der Kolloide und des Protoplasmas unverkennbar[2]). In diesem Aufsatze interessieren uns aber ausschließlich physikalische Vorgänge, die sich in der lebenden Substanz beim Absterben abspielen.

In einem meiner publizierten Aufsätze[3]) wurden schon die physikalischen Vorgänge beim Absterben der Plasmamembran vom Standpunkt der Kolloidchemie aus betrachtet. An dieser Stelle möchte ich aber darauf aufmerksam machen, daß dieselben durch äußere Einwirkungen hervorgerufenen Veränderungen in der Plasmamembran, welche das Absterben des letzteren verursachen, gleichzeitig oder bald darauf auch den Tod der übrigen Protoplastenteile bedingen. Die sichtbaren Veränderungen der lebenden Substanz im Protoplasteninneren sind dabei denjenigen an der Peripherie durchaus ähnlich: alles Flüssige wird starr, alles Homogene wird körnig, faserig oder wabig (wenn das Protoplasma schon vorher Körnchen enthielt, so erscheinen neue Körnchen darin), die selektive Permeabilität (oder die Fähigkeit, eine neue Plasma-

1) Gaidukow, Dunkelfeldbeleuchtung und Ultramikroskopie usw. 1910. Meyer, A., und Schaeffer, Ultramikroskopische Studien der Beschaffenheit usw. C. R. Bd. LXIV, S. 681 (1909). Gaidukow will übrigens in den kleinen Körnchen usw., die er im Protoplasma unter dem Ultramikroskope gesehen hat, Ultramikronen erblicken. Ein geübterer Mikroskopiker wird aber sofort in den von ihm beschriebenen Gebilden nur einfach unter dem gewöhnlichen Mikroskope sichtbare Mikrosomen, Oxalatkrystälchen usw. erkennen.

2) M. vergleiche hierzu meine oben zitierte Aufsätze und die Arbeiten von Rhumbler (l. c.).

3) Diese Berichte 1910 Aufs. Nr. 15.

membran zu bilden — was dasselbe ist) geht verloren, die Adsorptionsfähigkeit für Farbstoffe nimmt zu.

Auf Grund des Gesagten ist man zum Schlusse berechtigt, daß beim Absterben des Protoplasten in allen seinen Teilen Entmischungsvorgänge stattfinden, ähnlich wie überhaupt bei der Koagulation der Emulsoide. Auch in festen lebenden Protoplastenteilen findet ein Koagulationsvorgang statt. Ganz homogene und durchsichtige Teile werden durch Körnchen getrübt. Die Flüssigkeiten, die solche feste lebende Zellenteile bilden, erstarren, werden koaguliert[1]); in beiden Fällen (also in flüssigen, wie auch in festen lebenden Protoplastenteilen) bildet sich daher eine verschiedenartige, körnige, wabige usw. Struktur, die gewöhnlich an fixierten Objekten beobachtet wird.

Nach dem Gesagten ist kaum daran zu zweifeln, daß sich in der lebenden Substanz beim Absterben eine Koagulation abspielt. Es ist aber noch zu entscheiden, ob diese Koagulation als eine Folge des Todes oder als dessen Ursache betrachtet werden muß.

Um diese Frage zu beantworten, müssen wir die Einwirkung der äußeren Faktoren, welche die Koagulation der kolloidalen Lösungen bewirken, auf die lebende Substanz kennen. Wenn die Koagulation der letzteren erst infolge des Todes stattfindet, so müssen verschiedene tötliche Einflüsse, welche sonst keine Koagulation der kolloidalen Lösungen hervorrufen, die Koagulation der die lebende Substanz bildenden Stoffe verursachen. Im entgegengesetzten Falle müssen nur diejenigen Faktoren tötlich einwirken, welche die Koagulation der kolloidalen Lösungen hervorrufen können.

Zurzeit kann man behaupten, daß alle Faktoren, welche kolloidale Lösungen von Eiweißkörpern zur Koagulation bringen, auch die Abtötung der lebenden Substanz bewirken. So ist die tötliche Wirkung der hohen und niedrigen Temperaturen, der Ionen von Schwermetallen, der sogenannten Narkotika usw., welche auch die Koagulation der Eiweißsolen hervorrufen, genug bekannt[2]).

Überraschend ist aber ein vollkommener Parallelismus in den Details, welcher in der Einwirkung der genannten Faktoren auf die Eiweißsole einerseits und auf die lebende Substanz andererseits

---

1) M. vgl. hierzu: AGAZZOTI (zitiert von BOTTAZZI in Handbuch d. vgl. Physiol. herausg. v. WINTERSTEIN 1911, Bd. I, S. 158).

2) Über d. Einwirk. d. Narkotika vgl. man z. B. meinen Aufs. in dies. Ber. 1911, S. 255—259.

beobachtet wird Es genügt hierfür, an den günstigen Einfluß der sauren Reaktion der umgebenden Flüssigkeit und an die hemmende Wirkung von OH-Ionen auf die Plasmakoagulation, an die gemischte Wirkung von hohen Temperaturen und von Narkotika[1]) und an die tötliche Wirkung der niedrigen Temperaturen zu erinnern[2]).

In einem Aufsatze, der bald in diesen Berichten erscheint, werde ich auch über einen vollkommenen Parallelismus in der Einwirkung der supramaximalen Temperaturen auf das Protoplasma der Pflanzenzellen und die hohen Temperaturen auf die Eiweißsole berichten. Die Versuche, welche ich in diesem Aufsatze zu beschreiben gedenke, haben nämlich gezeigt, daß das Protoplasma, einer hohen, aber noch nicht sofort tötlich wirkenden Temperatur ausgesetzt, in einer gewissen Zeit doch abstirbt. Die Abhängigkeit der Zeitdauer, während welcher das Protoplasma bei einer gewissen Temperatur noch am Leben bleibt, erwies sich bezüglich der Abhängigkeit, welche an Eiweißsolen von BUGLIA beobachtet worden ist[3]), als ganz gleich.

Aus dem Gesagten folgt, daß die Koagulation der Eiweißkörper in der lebenden Substanz stets das Absterben der letzteren verursacht. Trotzdem sind auch einige Fälle bekannt, wo das Absterben durch Stoffe hervorgerufen wird, deren koagulierende Wirkung auf Eiweißsole nicht bekannt ist. So sind z. B. freie Alkalien in nicht zu schwachen Konzentrationen, Jod usw. für Protoplasma giftig[4]), trotzdem ihnen keine koagulierenden Eigenschaften, wenigstens für Eiweißsole, zukommen.

In diesem Falle haben wir es offenbar mit einer chemischen Wirkung der erwähnten Stoffe auf die lebende Substanz zu tun. Die Ionen (OH) wirken, wie man vermuten kann, verseifend auf jene lockeren Verbindungen der Eiweißkörper mit Lipoiden, welche die lebende Substanz zusammensetzen und in Paragraph 3 dieses Aufsatzes besprochen wurden. Jod, das auch das Platinsol infolge seiner chemischen Wirkung inaktiv macht, kann vermutlicherweise entweder addierend oder oxydierend auf die die lebende Substanz bildenden Lipoide[5]) wirken usw.

1) M. vgl. mein. Aufs. l. c. S. 256.

2) FISCHER, H., Gefrieren und Erfrieren. COHNs Beitr. zur Biol. d. Pflanzen 1910, S. 133—284.

3) BUGLIA, Zeitschrift für Chemie und Industrie d. Kolloide. Bd. 5.

4) PFEFFER, Pflanzenphysiologie. II. Bd. 1904, S. 351.

5) Vgl. hierzu: BANG, Chemie und Biochemie d. Lipoide. 1911, S. 12, 23 u. 48—49.

Jedenfalls ist festgestellt, daß das Absterben auch durch chemische Wirkung auf die die lebende Substanz zusammensetzenden Eiweißkörper und Lipoide verursacht werden kann. Solch eine chemische Wirkung kann sehr wohl die Zersetzung der lockeren Verbindung der letzteren hervorrufen, und, da die lebende Substanz nur als ein zeitlich flüssiger Körper aufzufassen ist[1]), so ist es ganz begreiflich, daß ihre Zersetzung zur Erstarrung führt, also eine Koagulation hervorruft[2]).

Was nun die oben aufgestellte Frage (ob nicht die Koagulation erst nach dem Tode eintritt), anbelangt, so müssen wir sie in der Weise beantworten, daß die Koagulation, welche als Folge irgend welcher chemischen Wirkungen auf Eiweißkörper oder Lipoide der lebenden Substanz eintritt, gleichzeitig mit dem Tode stattfindet, weil die lebende Substanz aus einer Verbindung der genannten Stoffe besteht, nach derer Zersetzung und Koagulation sie abstirbt.

5. Schlußfolgerungen.

Überblicken wir alle die Tatsachen und Betrachtungen, welche in diesem Aufsatze dargelegt wurden, so kommen wir zum Schlusse, daß die Todesursache des Protoplasten auf Vorgängen zweier Art beruht, welche sich in der lebenden Substanz gleichzeitig abspielen. Einerseits wird die lockere Verbindung der Eiweißkörper mit Lipoiden zersetzt, andererseits findet eine Koagulation der ersteren statt. Die beiden Vorgänge hängen miteinder zusammen, wobei es freilich gleichgültig ist, ob die Koagulation die Zersetzung oder die Zersetzung die Koagulation hervorruft.

Fragen wir jetzt nach den Kräften, welche die oben besprochene Labilität des Kraftsystems ins Gleichgewicht bringen, so müssen wir zugeben, daß es vor allem die Kapillaritätskräfte sind, welche die Koagulation verursachen, wenigstens in denjenigen Fällen, wo das Absterben durch keine kräftige chemische Wirkung hervorgerufen wird. Diese Koagulation macht alsdann chemische Energie frei und führt zur Zersetzung der erwähnten lockeren Verbindung. Wirkt man dagegen auf die lebende Substanz mit kräftigen chemischen Agentien ein, so können in den ersten Augenblicken nur die chemischen Anziehungskräfte, die die Zersetzung der Eiweiß-Lipoid-Verbindung verursachen und erst dadurch die Kapillaritätskräfte in Tätigkeit setzen, wirksam sein.

1) M. sehe mein. Aufs. Nr. 15 u. 53. 1910 (diese Berichte).

2) Postmortal kann sich das entstehende Gerinnsel auch lösen (z. B., wenn das wirkende Reagens KOH ist), wie es Russo angibt (zitiert von Bottazzi im Handbuch d. vergleich. Physiologie v. Winterstein, S. 155).

Was nun die Details der erwähnten zwei Vorgänge anbelangt, so können sie freilich erst in Zukunft erforscht werden. So würde es sich z. B. erweisen können, daß die Eiweiß-Lipoid-Verbindung der lebenden Substanz bei ihrer Zersetzung keine freien Lipoide, sondern neue Lipoid-Eiweißkörper liefert; man ist ja zurzeit geneigt, phosphorhaltige Eiweißkörper, die als Vorratsmaterial aus der lebenden Substanz gebildet werden und lebenslos sind (Vitelline), als Phosphatid-Eiweißkörper aufzufassen[1]). Die Zukunft hat also zu entscheiden, inwieweit der chemische von den zwei erwähnten Vorgängen, die sich beim Absterben abspielen, kompliciert sein kann.

Kasan, Botanisches Laboratorium der Universität.

---

66. Torsten Nybergh: Studien über die Einwirkung der Temperatur auf die tropistische Reizbarkeit etiolierter Avena-Keimlinge.

(Mit 3 Textfiguren.)

(Eingegangen am 24. Oktober 1912.)

Einleitung.

In der Physiologie wird ziemlich allgemein angenommen, daß die Reizvorgänge, wie Lebenserscheinungen überhaupt, von chemischen Reaktionen begleitet oder sogar mit solchen Reaktionen identisch sind. Besonders ist die allererste Veränderung, die verschiedene Reizanlässe in dem lebenden Organismus erregen, die sogenannte Perzeption, kürzlich von mehreren Pflanzenphysiologen als eine chemische Reaktion aufgefaßt und jedenfalls als mit chemischen Vorgängen verknüpft nachgewiesen worden.

Allerdings ist es nicht gelungen, die fraglichen chemischen Reaktionen direkt zu beobachten, aber das Studium der Perzeptionsvorgänge und besonders deren Abhängigkeit von den äußeren Be-

1) BANG, J., l. c. S. 62 u. ff.

dingungen hat schon einige interessante Anhaltspunkte über die Natur dieser Vorgänge gegeben und wird es vielleicht möglich machen auf indirektem Wege der Lösung des Problems näher zu kommen. Derartige Erwägungen haben die Untersuchungen, die hier mitgeteilt werden, angeregt.

Methodisches.

Bei den Versuchen wurden etiolierte Keimlinge von *Avena sativa* — der Gleichförmigkeit halber eine weißkörnige Pedigreesorte aus Miltonhafer „Svalöfs Segerhavre" — benutzt. Die von den Spelzen befreiten Körner blieben 1—2 Tage in Wasser und wurden darauf sorgfältig in reinen, gesiebten Sand eingepflanzt. Jedes Kulturgefäß enthielt 15—20 in Reihen angeordnete, 1—3 cm lange Keimlinge, so daß sämtliche Pflanzen bei den Experimenten vom Licht getroffen wurden.

Die Keimung geschah in einem geräumigen Dunkelzimmer des hiesigen Botanischen Instituts. Da es weder in dem Dunkelzimmer noch in der ganzen Etage Gasleitungen gab und für reichliche Zufuhr reiner Gartenluft gesorgt wurde, waren die Kulturbedingungen sehr günstig; die Keimlinge blieben auch meistens sehr gerade. Beiläufig sei nur bemerkt, daß die ärgerlichen Krümmungen der *Avena*-Koleoptile, die von verschiedenen Forschern beobachtet und bei experimentellen Arbeiten sehr hinderlich sind, weder von tiefen (wie BLAAUW annimmt), noch von hohen Temperaturen ausgelöst werden.

Bei der Belichtung waren natürlich alle übrigen, außer den eben zu untersuchenden Pflanzen, im Dunkelzimmer vor Licht sorgfältig geschützt.

Die Temperatur des Dunkelzimmers betrug 18—24 ° C. Auf dem Heizapparat wurde ein weites Wassergefäß angebracht; durch Abdampfung des Wassers wurde eine genügende Luftfeuchtigkeit erzielt.

Die Aufstellung und Beobachtung der Pflanzen geschah bei dem roten Lichte einer elektrischen photographischen Lampe, nachdem genaue Beobachtungen gezeigt hatten, daß mehrstündige Belichtung in 25 cm Entfernung keine Reaktion zu induzieren vermochte.

Als Lichtquelle diente eine gewöhnliche elektrische Kohlefadenlampe von 12 H.-K. Die Lichtstärke wurde wiederholt mit einem LUMMER-BRODHUNschen Photometer bestimmt. Zwar hatten Schwankungen des elektrischen Stromes Fluktuationen der Lichtstärke zur Folge, die bisweilen 1 H.-K. betrugen; der Strom

wurde aber bei den Versuchen gemessen, wodurch die Abweichungen beurteilt werden konnten.

Durch eine Reihe sorgfältiger Versuche wurde als „phototropische Schwelle der normalen", d. h. der bei Zimmertemperatur befindlichen Keimlinge, der durchschnittliche Wert 15 M.-K.-S., einer Belichtungszeit von 20 Sek. in einer Entfernung von 4 m von der Lichtquelle entsprechend, erhalten. Theoretisch wird die Schwelle als diejenige Entfernung von der Lichtquelle bestimmt, wo die Zahl der eben merkbar gekrümmten und die der ungekrümmten Keimlinge gleich ist. In Wirklichkeit sind aber die beiden Kategorien von Pflanzen durch kontinuierliche Übergänge verbunden, und die Zahl der gekrümmten hängt ganz von der Genauigkeit der Beobachtung ab. Hat doch ARISZ (1911) gezeigt, daß auch die winzigsten Lichtmengen als Reizbeantwortung eine deutlich merkbare Asymmetrie der überaus lichtempfindlichen konischen Spitzen der *Avena*-Koleoptilen hervorrufen.

Bei makroskopischer Beobachtung werden die Schwellenbestimmungen natürlich verschieden ausfallen, je nach der Genauigkeit derselben. Da in Wirklichkeit die absolute Schwelle kaum existiert, kommt es vor allem darauf an, die relative Schwelle, womöglich jedesmal auf gleiche Weise, zu bestimmen.

In diesem Falle wurde vor und nach der Reizung die Zahl der in jedem Gefäß und desgleichen die Zahl der im Verhältnis zur Lichtquelle in +- oder —-Richtung von der Vertikalen abweichenden Keimlinge notiert. Besonders wurden die Lage und der Umriß der überaus lichtempfindlichen Spitzen (makroskopisch) beobachtet. Als Zeichen der Erreichung der Schwelle wurde eine eben merkbare +-Krümmung von 50 pCt. der ganzen Keimlinge in der fraglichen Kultur genommen; dabei wiesen ca. 75 pCt. der Spitzen eine sichtbare Reaktion auf.

Wie bekannt, nimmt die phototropische Krümmung bei dem Überschreiten der Schwelle bis zu einem Optimum zu, während eine weitere Belichtung erst eine abgeschwächte Reaktion und schließlich die sogenannte phototropische „Indifferenz" herbeiführt. BLAAUW (1909) hat gefunden, daß diese „optimale" Reaktion der *Avena*-Koleoptile durch eine Lichtmenge von 40 – 400 M.-K.-S. ausgelöst wird, wobei die Schwelle bei 20 M.-K.-S. liegt. Da es nun von Interesse war, auch diese optimale Reaktion zu beobachten, wurden bei den Experimenten auch meistens Kulturen in einer Entfernung von 1 m von der Lichtquelle aufgestelllt, was bei einer Expositionszeit von 20 Sek. einer Lichtmenge von 240 M.-K.-S. entspricht.

I. Einwirkung extremer Temperaturen auf die phototropische Perzeption.

1. Einwirkung niedriger Temperaturen.

Versuchsanordnung.

Die sorgfältig verdunkelten Kulturen wurden im Bodenraum des botanischen Instituts der Winterkälte ausgesetzt. Durch Öffnen und Schließen der Fenster konnte die Temperatur einigermaßen geregelt werden. Ein Thermograph, der mit einem Quecksilber-Normalthermometer verglichen wurde, gab die in unmittelbarer Nähe der Pflanzen herrschende Lufttemperatur an. Da die betreffenden Koleoptilen nach dem Aufenthalt einiger Stunden bei — 4 ° C erfrieren, kamen niedrigere Temperaturen nicht in Betracht. Die Temperatur bei den Versuchen betrug somit zwischen — 3 und ± 0 ° C. Doch geschah es, daß Keimlinge, die nachts einer Temperatur unter 0 ° ausgesetzt waren, des Morgens, als die Temperatur sank, etwa 2 Stunden bei — 6 ° C stehen blieben, ohne zu erfrieren. Nach der Abkühlung wurden die Kulturen in das botanische Dunkelzimmer gebracht und sogleich mit der oben erwähnten Lampe von 12 H.-K. in Entfernungen von 1 m und 4 m 20 Sek. belichtet.

In Anbetracht der großen Veränderlichkeit der Temperatur, die natürlich die Versuche sehr erschwerte und auch das Erfrieren einer großen Zahl von Pflanzen verursachte, ist es begreiflich, daß die Beobachtungen in mehreren Beziehungen mangelhaft waren; aber in günstigen Fällen war die Temperatur doch annähernd konstant, so daß viele Versuche zuverlässige Resultate ergaben.

Ergebnisse.

Keimlinge, die 6—12 Stunden in einer Temperatur von unter 0 ° gestanden hatten und darauf unmittelbar in dem Dunkelzimmer belichtet wurden, reagierten nach dem Auftauen (die Erde in den Versuchsgefäßen war gefroren) mit sehr energischen +-Krümmungen auf die optimale Belichtung und auch deutlich bei der phototropischen Schwelle „normaler“ *Avena*-Koleoptilen. Die Reaktionszeit betrug durchschnittlich 2 Stunden. Aber erst 6 bis 8 Stunden nach der Belichtung erreichte die Reaktion ihr Maximum, wobei die Stärke der Krümmung nicht der maximalen Krümmung „normaler“ Keimlinge nachstand. Die Verspätung der Reaktion hängt natürlich mit der Hemmung des Wachstums in der Kälte zusammen, aber das langsame Abklingen derselben ist wohl zunächst dem Aufheben der Geoperzeption in der Kälte zuzu-

schreiben: die geotropische Gegenwirkung bei der Krümmung hat aufgehört.

Falls die Keimlinge mehrere Stunden bei einer Temperatur unter Null gestanden haben, darauf belichtet und sogleich aufs neue in die Kälte gebracht werden, kann man die phototropischen Krümmungen am Hervortreten hindern. Besonders wird dies gelingen, wenn die Belichtung nur wenig die phototropische Schwelle übersteigt. Die optimale Belichtung löst nämlich eine Beschleunigung der Zuwachsbewegung aus, wodurch doch schließlich auch unter 0 ° eine sichtbare Reaktion resultiert. Sehr nahe der Tötungstemperatur (— 4 ° C) scheint aber der Zuwachs ganz aufgehört zu haben, so daß bei dieser Temperatur tropistische Reaktionen überhaupt ausbleiben. Werden indessen Keimlinge, deren phototropische Reaktion auf oben erwähnte Weise gehindert wurde, von neuem in das Dunkelzimmer zurückgebracht, so tritt gleichwohl — wenigstens noch nach 12 Stunden — eine sehr deutliche phototropische Krümmung ein, die also ca. 15 Stunden nach der phototropischen Induktion erscheint. Diese außerordentlich lange Dauer der Trennung der sensorischen und der motorischen Phase kann auch bei einer Belichtung durchgeführt werden, die sehr nahe der phototropischen Schwelle liegt.

Als das wichtigste Ergebnis der erwähnten Experimente erhellt, daß die phototropische Präsentationszeit der Koleoptile bei — 3 ° C der Präsentationszeit der „normalen" Koleoptile gleich ist. Die phototropische Perzeptionsfähigkeit etiolierter *Avena*-Keimlinge dauert noch bei — 3 ° C (— 6 ° C) ungeschwächt fort; und zwar ist etwa — 4 ° C die Tötungstemperatur der Koleoptile.

2. Einwirkung hoher Temperaturen.

Versuchsanordnung.

Die Keimlinge wurden in das ausgezeichnete thermostatische Dunkelzimmer des botanischen Instituts konstanten hohen Temperaturen ausgesetzt. Die Größe des Zimmers beträgt 2,4 × 2 × 2,3 m. Sobald die Temperatur auf einen bestimmten Punkt eingestellt war, betrugen die Schwankungen derselben nur 0,2 ° C. Die Luft wurde mit Wasserdampf nahezu gesättigt gehalten, da die Reaktionsfähigkeit der Keimlinge bei hohen Temperaturen in trockener Luft etwas herabgesetzt wird.

Als Lichtquelle diente die oben erwähnte Kohlenfadenlampe von 12 H.-K. Während der Belichtung befanden sich die Versuchspflanzen in dem thermostatischen Zimmer; da bei den

Schwellenbestimmungen eine größere Entfernung von der Lichtquelle erforderlich war, wurde die Lampe in einem außerhalb des Thermostaten befindlichen Dunkelzimmer aufgestellt und das Licht durch eine Öffnung eingelassen. Übrigens wurden die verschiedensten Kombinationen von Beleuchtungsintensität und Belichtungsdauer angewendet. Bei Versuchen über phototropische „Überbelichtung" wurde auch eine Osramlampe von 100 H.-K. benutzt.

Gleich nach der Belichtung wurden die Kulturen sorgfältig verdunkelt in das botanische Dunkelzimmer in eine Temperatur von 20—24 ° C zurückgebracht. Hier wurde die Reaktion während mehrerer Stunden beobachtet. Die Länge der benutzten *Avena*-Koleoptilen betrug 0,5—1,5 cm. Höhere Keimlinge eignen sich nicht für Versuche bei hohen Temperaturen, da sie unter diesen Bedingungen auffallend schwächer reagieren. — Die Experimente wurden größtenteils im Sommer ausgeführt, weil die Kulturbedingungen da am günstigsten sind, und weil zu der Zeit kein Gas im Laboratorium gebrannt wird, demzufolge die Luft möglichst rein war.

Ergebnisse.

FITTING (1907) gibt als Tötungstemperatur der Keimscheide von *Avena sativa* etwa 43 ° C an. Er hat nachgewiesen, daß die phototropischen Reizleitungsvorgänge der *Avena*-Koleoptile schon bei 39—41 ° C durchschnittlich völlig gehemmt werden. Die Koleoptilen der von mir untersuchten Hafersorte vertragen wenigstens den 12stündigen Aufenthalt bei + 47,3 ° C, ohne daß die phototropische Perzeptionsfähigkeit aufgehoben wurde[1]). Bei höheren Temperaturen habe ich sie noch nicht geprüft. Vor der Belichtung wurden die Pflanzen meist 10 bis 14, bisweilen 2 bis 6 Stunden erwärmt. Die Dauer der Vorerwärmung scheint innerhalb dieser Grenzen keinen Einfluß auf die phototropische Perzeption auszuüben; vielleicht wird die Reaktionsfähigkeit bei Temperaturen über 44 ° C nach längerer Einwirkung doch herabgesetzt, so daß von dieser Temperatur aufwärts eine kürzere (2- bis 3stündige) Vorerwärmung angemessener wäre.

1) Die größere Wärmeresistenz dieser Koleoptilen im Gegensatze zu den von FITTING untersuchten kann nicht auf die verschiedene Wirkung der Luft- und Wassertemperatur zurückgeführt werden. Denn drei Koleoptilen, die 11 Stunden bei 44,5 ° C mit der ganzen oberen Hälfte der Keimscheide in Wasser eingetaucht waren, reagierten außerordentlich energisch nach der Belichtung und wiesen einen viel größeren Zuwachs auf als die „Luftpflanzen". Wahrscheinlich beruht die Verschiedenheit der Wärmeresistenz auf Rasseneigentümlichkeiten.

Fig. 1.

Fig. 2.

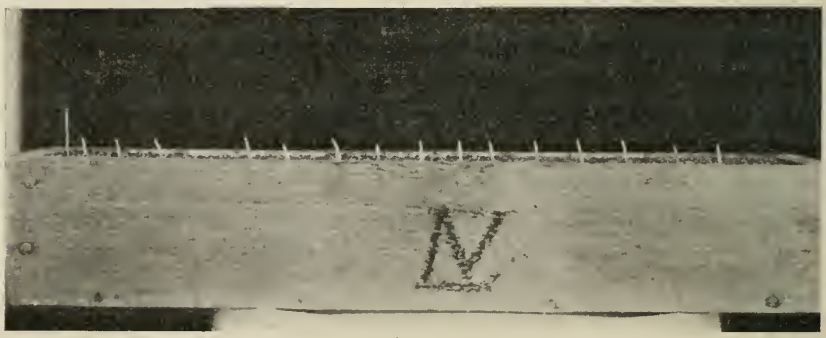


Fig. 3.

Die Nadel gibt den Einfall des Lichtes an.

Fig. 1. Die Keimlinge haben 11 Stunden bei 44,5 ° C gestanden. Belichtung: 1 M.-K. während 20 Sek. = 20 M.-K.-S. Diese Belichtung liegt noch ein wenig oberhalb des Schwellenwertes. Vor der Belichtung: 4 Keimlinge schwach +, 5 schwach —. Nach 3 Stunden erreichte die Reaktion ihr Maximum: 9 Keimlinge waren deutlich + gekrümmt. Nach $3^1/_2$ Stunden photographiert.

Fig. 2. 11 Stunden bei 44,5 ° C. Belichtung: 1,6 M.-K. während 20 Sek. = 32 M.-K.-S. Vor der Belichtung: 3 Keimlinge schwach +, 8 schwach —. Nach 3 Stunden photographiert: starke +-Krümmung.

Fig. 3. 11 Stunden bei 43,2 ° C. Belichtung: 10 M.-K. während 12 Sek. = 120 M.-K.-S. Vor der Belichtung: 3 Keimlinge schwach +, 7 schwach —. Nach 5 Stunden photographiert: Sehr energische +-Krümmung.

Die Versuche wurden bei folgenden Temperaturen angestellt: 35 °, 40 °, 41,2 °, 41,4 °, 42 ° (3 Versuche), 42,5 °, 43 °, 43,2 ° (2 Versuche), 43,4 °, 44,3 °, 44,5 ° (2 Versuche), 44,6 °, 45 °, 45,1 °, 45,2 °, 47,3 °. Bei jedem Versuche wurden etwa fünf Kulturen untersucht, abgesehen von den Kontrollkulturen. Der mittlere Zuwachs der Keimlinge war nach 13stündigem Aufenthalt bei 42 ° C ganz gleich demjenigen bei Zimmertemperaturen nach derselben Zeit: 1 cm; nach 12stündigem Aufenthalt bei 43,2 ° C um etwa 0,25 cm. Nach 10stündigem Aufenthalt bei 45,1 ° C hatte der Zuwachs noch nicht aufgehört, wie Beobachtungen im Horizontalmikroskope zeigten.

Die optimale Lichtmenge löst bei den erwähnten Temperaturen energische +-Krümmungen von gleicher Stärke aus wie bei den „normalen" Keimlingen. Nach 12stündigem Stehen bei + 47,3 ° C rief eine Belichtung von 50 M.-K.-S. eine deutliche Reaktion hervor; besonders wiesen die zwei kürzesten Keimlinge (0,5—0,8 cm) sehr energische +-Krümmungen auf.

Die Reaktionszeit ist von 12stündiger Erwärmung bei 44,5 ° C etwa 2 Stunden; nach etwa 4 Stunden hat die Krümmung ihr Maximum erreicht; bei 43 ° C ist die Reaktionszeit kürzer.

Bleiben die Pflanzen nach optimaler Belichtung bei 42 ° C stehen, so ist die Reaktion noch nach 6 Stunden sehr gering; so hatten bei einem Experiment von 21 Keimlingen nur 2 schwach reagiert; nach dem Zurückbringen der Pflanzen in das botanische Dunkelzimmer trat eine deutliche aber schwache Reaktion auf. Werden die Keimlinge aber unter gleichen Bedingungen 2 Stunden nach der Belichtung in das Dunkelzimmer zurückgebracht, so tritt eine kräftige Reaktion auf. Trotz des bei dieser Temperatur ungehemmten Wachstums wird die Reaktion durch die Wärme stark gehindert, was zum Teil wenigstens mit der von FITTING entdeckten Hemmung der Reizleitungsvorgänge zusammenhängen dürfte.

Die genannten Schwellenbestimmungen wurden unter folgenden Umständen ausgeführt: nach 12 Stunden bei 42,5 °; nach 11 Stunden bei 44,5 °; nach 13 Stunden bei 44,6 °; nach 6 Stunden bei 44,8 ° C. Die „normalen" Kontrollkulturen wurden gleich vor dem Beginn der Belichtung im thermostatischen Zimmer aufgestellt und gleich nach der Belichtung mit den übrigen Kulturen in das botanische Dunkelzimmer zurückgebracht. Als wichtigstes Resultat ergab sich, daß die phototropische Präsentationszeit von der Erwärmung nicht beeinflußt wird. Die phototropische Perzeptionsfähigkeit etiolierter *Avena*-Keimlinge dauert bei den erwähnten Temperaturen ungeschwächt fort.

Auch der Effekt der phototropischen Überbelichtung ist bei hohen Temperaturen der gleiche wie in der Zimmertemperatur. Wenigstens trat nach 6stündiger Vorerwärmung bei 44,3 ° C und einer Belichtung von 10 Min. mit der Osramlampe von 100 H.-K. in 1 m und 0,5 m Entfernung, was den Lichtmengen von 6000 und 240 000 M.-K.-S. entspricht, keine oder eine ganz geringe Reaktion ein. Die Versuche wurden mit einigen Variationen bei derselben Temperatur mehrmals wiederholt; stets trat phototropische „Indifferenz" ein.

Theoretisches.

Es bleibt noch übrig zu sehen, inwieweit die oben gewonnenen Ergebnisse Licht über das Problem der Natur der phototropischen Perzeption werfen. Halten wir an der Vorstellung der Abhängigkeit der Perzeptionsvorgänge von chemischen Reaktionen fest, so ist es einleuchtend, daß besonders die photochemischen Reaktionen eine auffallende Parallele aufweisen. Während der Temperaturkoeffizient bei rein chemischen Reaktionsgeschwindigkeiten zwischen 2 und 3 liegt, liegt er bei photochemischen Reaktionen dagegen zwischen 1 und 1,4. Es besagt dies, daß die Beeinflussung einer photochemischen Reaktion durch die Temperatur nur gering ist. So fand z. B. SCHELLEN (nach WEIGART 1911) zwischen — 32 und + 90 ° gar keinen Einfluß der Temperatur auf die Lichtempfindlichkeit der Bromsilbergelatine. Nimmt man die Präsentationszeiten als Maß der Reaktionsgeschwindigkeit des lichtempfindlichen Systems, in welchem die phototropische Perzeption vor sich geht, so haben wir gesehen, daß diese Reaktionsgeschwindigkeit innerhalb der gegebenen Grenzen nicht meßbar von der Temperatur beeinflußt wird. Die erwähnten Erfahrungen über das Verhalten der phototropischen Perzeption der *Avena*-Koleoptile hinsichtlich der Temperatur dürften mithin eine weitere Stütze der Auffassung bilden, die neulich besonders von BLAAUW nachdrücklich hervorgehoben ist, daß dieser Perzeptionsvorgang mit photochemischen Reaktionen zusammenhänge.

Die phototropische Perzeption ist in hohem Grade unabhängig von solchen äußeren Bedingungen, die im allgemeinen tief in den Lebensbetrieb der Organismen eingreifen. Sie wird auch, wie zahlreiche von mir ausgeführte Versuche gezeigt haben, nur verhältnismäßig wenig von Narkotika (Äther, Chloroform) beeinflußt. Werden die *Avena*-Keimlinge während 2 Stunden einer gesättigten Ätheratmosphäre ausgesetzt und dann belichtet, so reagieren sie allerdings nicht auf Lichtmengen, die bei der phototropischen Schwelle liegen; aber dagegen bei optimaler Belichtung.

Nicht gesättigte Ätheratmosphäre vertragen sie tagelang, ohne daß die phototropische Empfindlichkeit herabgesetzt wird. Diese Tatsachen deuten darauf hin, daß die phototropische Perzeption mit Erscheinungen verknüpft ist, die einfacher sind als die Mehrzahl der vitalen Vorgänge.

II. Einwirkung extremer Temperaturen auf die geotropische Perzeption.

Im Gegensatz zu der außerordentlichen Unabhängigkeit von der Temperatur, die wir als kennzeichnend für die phototropische Perzeption gefunden haben, hat RUTGERS (1910) nachgewiesen, daß die geotropische Perzeption in einer augenfälligen Abhängigkeit von derselben steht. Zwischen + 5 und + 30 ° C ändert sich die geotropische Präsentationszeit mit der Temperatur in einem bestimmten Verhältnis, und setzt man die Präsentationszeiten als Maß der Geschwindigkeit der Reaktion, die als mit der Perzeption verknüpft angenommen wird, indem jene umgekehrt proportional der Geschwindigkeiten gesetzt werden, so kann die Abhängigkeit der geotropischen Perzeption von der Temperatur durch die sogenannte VANT' HOFFsche Regel ausgedrückt werden, welche besagt, daß die Geschwindigkeit einer chemischen Reaktion für jede Erhöhung der Temperatur um 10 ° C etwa verdoppelt wird. Der von RUTGERS für die geotropische Perzeption bestimmte Temperaturenkoeffizient ist 2,6. Von + 5 zu ± 0 ° C fand er dagegen eine viel größere Zunahme der Präsentationszeiten als sich mit der VANT' HOFFschen Regel verträgt. Hierüber sagt RUTGERS (1912) S. 67: "At 0 ° C the presentation-time is a good deal longer then it should be according to VAN'T HOFFs law; probably this fact is connected with the cessation of growth at that temperature.'

In Übereinstimmung hiermit ergab sich aus Versuchen, die ich bei Temperaturen unter 0 ° ausführte, daß die geotropische Sensibilität in der Kälte außerordentlich herabgesetzt ist; doch konnte nachgewiesen werden, daß der Zuwachs auch unter 0 ° vor sich geht; wenigstens tritt nach mehrstündigem Stehen bei einer Temperatur gleich unter 0 ° bei längerer geotropischer Reizung (und auch nach phototropischer Induktion) eine deutliche Reaktion ein; auch im Horizontalmikroskope wurde der Zuwachs sichtbar. Auch ist es nicht a priori wahrscheinlich, daß die Herabsetzung der geotropischen Sensibilität mit dem Wachstum verknüpft ist. Haben wir doch gesehen, daß die phototropische Empfindlichkeit unter den gleichen Bedingungen (und bei einer

Temperatur, wo der Zuwachs sicher aufgehört hat: — 6° C) bei denselben Keimlingen unverändert bleibt!

Die Keimlinge wurden wenigstens 5 Stunden unter 0° abgekühlt, worauf sie (verdunkelt) in horizontaler Lage der Kälte ausgesetzt wurden. Nach Ablauf mehrerer Stunden wurden sie in das Dunkelzimmer zurückgebracht, in vertikaler Lage wieder aufgestellt und während 5—8 Stunden beobachtet. Bei — 2° C hat die geotropische Perzeption noch nicht ganz aufgehört, was daraus erhellt, daß die Keimlinge nach 12stündiger geotropischer Reizung unter 0° sichtbar, wenngleich außerordentlich schwach reagiert hatten. (Die Reaktion war als eine schwache Asymmetrie der Spitze bemerkbar.) Dagegen hört schon bei — 2° jede weitere Nachwirkung auf, nachdem die Keimlinge im Dunkelzimmer in vertikale Lage gebracht sind, so daß die geotropische Erregung nicht mehr die Höhe erreicht, die für Entstehung einer geotropischen Nachwirkung nötig ist. Bei — 3° C hört überhaupt jede geotropische Reaktion auf. Weder während der Reizung, noch nachher ist eine Reaktion zu bemerken (auch nach tagelanger Induktion), sei es, daß die geotropische Sensibilität bei dieser Temperatur völlig erloschen ist, oder daß der Zuwachs aufgehört hat.

Es mag noch hervorgehoben werden, daß zur Kontrolle dieselben Pflanzen später noch häufig belichtet wurden, und daß stets eine energische phototropische Reaktion erfolgte; das Ausbleiben der geotropischen Reaktion kann somit nicht einer Schädigung der Keimlinge durch die Kälte zuzuschreiben sein.

Die Einwirkungen hoher Temperaturen auf die geotropische Perzeptionsfähigkeit habe ich nicht untersucht, da wir über diese (wenigstens bis 40° C) durch die ausgezeichneten Untersuchungen von RUTGERS sehr gut unterrichtet sind. So viel mag doch gesagt werden, daß noch nach 11stündigem Stehen bei 44,5° C und nach 4stündiger Induktion sämtliche Keimlinge stark geotropisch bei derselben Temperatur reagiert hatten (8 Keimlinge von 12 hatten die geotropische Ruhelage erreicht). Die geotropische Perzeptions- und Reaktionsfähigkeit besteht mithin bei extrem hohen Temperaturen.

Wie weit die gefundenen Beziehungen auch für andere Pflanzen Gültigkeit haben, muß weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben.

Helsingfors, Botanisches Institut, Oktober 1912.

Zitierte Literatur.

1911. ARISZ, W. H., On the connection between stimulus and effect in phototropic curnatures af seedlings of *Avena sativa*. Koninkl. Akad. von Wetenschapp. Amsterdam 1911.
1909. BLAAUW, A. H., Die Perzeption des Lichtes. Recueil des Trav. Botan. Néerlandais, Vol. V. 1909.
1907. FITTING, H., Die Leitung tropistischer Reize in parallelotropen Pflanzenteilen. Jahrb. f. wissensch. Botanik. 44. 1907.
1910. RUTGERS, A. A. L., De invloed der temperatuur op den praesentatietijd bij geotropie. Utrecht 1910.
1912. RUTGERS, A. A. L., The influence of temperature on the geotropic presentation-time. Recueil des Trav. Botan. Néerlandais Vol. IX. 1912.
1911. WEIGERT, F., Die chemischen Wirkungen des Lichts. Stuttgart 1911.

---

67. Eduard Gerresheim: Über den anatomischen Bau und die damit zusammenhängende Wirkungsweise der Wasserbahnen in Fiederblättern der Dicotyledonen[1]).

(Eingegangen am 24. Oktober 1912)

Unsere Kenntnisse vom anatomischen Bau und der Wirkungsweise der Leitungsbahnen innerhalb der Blätter ist wesentlich auf das Spreitenbündelnetz beschränkt. Wenn auch eine ganze Reihe rein anatomischer Untersuchungen über den Verlauf der Wasserbahnen in den Blattstielen und den Spindeln zusammengesetzter Blätter vorliegen, so ist doch nur in ganz wenigen Fällen (A. Col; 1904) die Untersuchung mit ausreichender Genauigkeit mittels Mikrotomschnittserien ausgeführt. Über den Bündelverlauf zumal in Stiel und Spindel von Fiederblättern der Dikotyledonen liegen keine exakten Untersuchungen vor. Die Arbeiten von PETIT (1889), ACQUA (1887) und MANSION, L'ENFANT, STERCKX (1897) gründen ihre Angaben, soweit Fiederblätter überhaupt von ihnen berücksichtigt werden, auf möglichst genaue Beobachtungen von Handschnittserien. Eingehende Untersuchungen, wie ich sie an Hand von Mikrotomschnittserien ausführte, zeigten, daß die Resultate der älteren Autoren vielfach ungenau oder unrichtig sind. Bei allen

[1]) Kurze Mitteilung über eine unter der Leitung von Herrn Professor ARTHUR MEYER im Botanischen Institut der Universiät Marburg angefertigte Arbeit.

vorgenannten Arbeiten ist zudem nicht versucht worden, an Hand der anatomischen Befunde eine Untersuchung der physiologischen Wirkungsweise des Wasserleitungssystems vorzunehmen.

Aufgabe meiner Untersuchungen sollte es daher sein, zunächst bei einer Reihe von Dikotyledonen-Fiederblättern den Bau des Wasserleitungssystems genau zu charakterisieren und dann die verschiedenen Typen auf ihre Wirksamkeit zu prüfen. Es wurden im wesentlichen der Blattgrund, der Blattstiel, die Spindel, Stielchen und „Blättchenbasen", d. h. die Übergangszonen von Stielchen in Blättchen einer eingehenden anatomischen Untersuchung unterzogen. Die Spreitenteile wurden hinsichtlich des Bündelverlaufes nicht genauer untersucht, doch wurde die Wirkungsweise des Bündelnetzes bei den physiologischen Versuchen stets berücksichtigt.

Wie gering unsere Kenntnisse des Bündelverlaufes in den erstgenannten Blattteilen bisher waren, beweist der Umstand, daß zu genauer und klarer Beschreibung desselben einige neue Begriffsbestimmungen notwendig wurden, auf Grund derer es erst möglich wird, den anatomischen Bau und zugleich damit die Wirkungsweise der Wasserbahnen zu charakterisieren. Auf Vorschlag von Herrn Professor ARTHUR MEYER gehen wir bei der Nomenclatur von der Einzeltrachee aus; wir verfolgen die Zusammenstellung solcher zu immer größeren Verbänden und geben diesen die im Folgenden definierten Namen: Wir verstehen unter Tracheenstrang die Gesamtheit aller Tracheen, soweit sie auf kürzere oder längere Strecken in seitlicher Berührung miteinander verlaufen. Schließen sich mehrere Tracheenstränge zu einer höheren Einheit zusammen, so entsteht ein Tracheenteil. Ein solcher besteht also aus Tracheensträngen und dem dieselben trennenden Tracheenteilparenchym. Ein oder mehrere Tracheenteile bilden mit einem oder mehreren Siebteilen zusammen dann ein Leitbündel. Der Form nach unterscheiden wir Cylinder-, Rinnen- und Rohrbündel; die beiden ersten sind collateral oder bicollateral, das letztgenannte concentrisch. Der höchste Verband endlich, zu dem die Leitungsbahnen innerhalb des Pflanzenkörpers vereinigt werden, heißt Leitbündelgruppe und je nach der Anordnung der Bündel: Bündelrinne oder Bündelrohr. Die Einzelbündel sind innerhalb der Gruppe durch Parenchym getrennt.

Die im höheren Verbande vereinigten niedrigeren Einheiten des Leitungssystems stehen innerhalb desselben in seitlicher Verbindung. Im Tracheenstrang stehen die Einzeltracheen in halboffener Verbindung, d. h. die Tüpfel der einander berührenden

Tracheen korrespondieren miteinander, die Schließhäute aber sind erhalten. Die Verbindungen zwischen zwei Tracheensträngen unterscheiden wir als echte Strangverbindungen oder als Strangbrücken und sprechen von echten Strangverbindungen, wenn Gefäße eines Stranges diesen verlassen und in einen anderen eintreten, in dem sie nun dauernd verlaufen. Strangbrücken werden im Gegensatz dazu gebildet durch Tracheiden oder kurze, wenig-gliedrige Gefässe, die sich an Tracheen beider Stränge in halboffener Verbindung anlegen und nach unten und oben auskeilen. Die Verbindungen zwischen den Leitbündeln einer Bündelgruppe lassen sich in analoger Weise unterscheiden als Bündelbrücke und echte Bündelverbindung. Im letzteren Fall treten Einzeltracheen oder Tracheenstränge aus einem Bündel in das andere über und verlaufen dauernd in diesem; Bündelbrücken liegen vor, wenn oben und unten auskeilende Tracheen sich an Tracheen beider Bündel in halboffener Verbindung anlegen. Strangverbindungen finden sich überall in den Leitbündeln vor. Bündelverbindungen fehlen in manchen Regionen, z. B. den Blattstielen, oft völlig. Das die Bündel trennende Parenchym wird dann aus Platten langgestreckter Zellen bestehen. Im Bündelrohr der sekundär verdickten Achse, wo die näheren Verhältnisse bisher noch ungeklärt sind, treten so zahlreiche Bündelverbindungen auf, daß dadurch das Parenchym die Gestalt der typischen quer gestreckten Markstrahlen annimmt.

Ich habe nun zunächst den Verlauf der Tracheenstränge innerhalb des Tracheenteils und die Verbindungen, die sich zwischen denselben finden, untersucht. Es gibt Leitbündel, in denen Strangbrücken und solche, in denen echte Strangverbindungen vorherrschen. Letztere sind oft so weitgehend ausgebildet, daß man die zu einem Strang vereinigten Einzeltracheen innerhalb eines wenig (250 μ) höheren Bündelquerschnittes auf weit voneinander entfernte Stränge verteilt finden kann. Es ist ersichtlich, daß bei so inniger Durchmischung der Einzeltracheen das ganze Leitbündel als eine geschlossene Einheit wirken kann. Es erscheint in diesem Falle als ein wirres Geflecht von Einzeltracheen, die auf jedem Querschnitt in anderer Weise zu Strängen zusammengefaßt sind.

Des weiteren habe ich dann den Verlauf der Wasserbahnen und der zwischen ihnen vorkommenden Verbindungen in den genannten Blattteilen der Fiederblätter untersucht. Es finden sich stets Verbindungen irgendwelcher Art zwischen den Tracheensträngen der Blattspur, und man kann nach der Lokalisierung derselben die ermittelten Typen in zwei große Gruppen einteilen:

I. Es finden sich Bündelverbindungen zwischen den Blattspurbündeln bzw. ihrem Verzweigungssystem im Blattgrund, Blattstiel, Spindel, Stielchen und Blättchenbasen in gleichem Maße; II. die Bündelverbindungen sind an bestimmten Stellen des Bündelverlaufes allein oder doch besonders weitgehend ausgebildet, es wechseln also Zonen weitestgehender Bündelverbindungen mit solchen, in denen Verbindungen völlig fehlen oder doch minder ausgebildet sind.

Innerhalb der Typengruppe I können drei Hauptfälle unterschieden werden: 1. Alle Tracheenstränge der Blattspur sind während des ganzen Verlaufes in Stiel und Spindel in einem einzigen Bündel vereinigt, sie stehen also, wie oben dargelegt, in innigem seitlichen Zusammenhang. 2. Die Tracheenstränge der Blattspur sind zwar auf eine mehr oder minder große Anzahl getrennter Blattspurbündel verteilt, aber trotzdem durch zahlreiche starke zwischen diesen ausgebildete Bündelverbindungen in weitgehendem und überall gleichmäßig gewährleistetem seitlichen Zusammenhang. 3. Endlich können die Tracheenstränge der Blattspur auf mehrere überall nahezu isolierte Bündel verteilt sein. Dieser Fall steht dem unter 1 genannten diametral gegenüber; es fehlen auch hier die Verbindungen nicht völlig, sie sind jedoch überall so gering ausgebildet, daß sie für die Herstellung eines Zusammenhanges der Blattspurbündel bedeutungslos sind.

Bei den zur Gruppe II gehörigen Typen stellten wir eine Lokalisierung der Bündelverbindungen auf bestimmte Blatteile fest. Als solche sind zu nennen: der Blattgrund, die Spindelknoten und die Blättchenbasen, zuweilen auch die Stielchen. Letztere sind jedoch meist, die Spindelinternodien und der Blattstiel stets die Orte minder vollkommener oder völlig fehlender Bündelverbindungen. Die II. Gruppe enthält folgende Haupttypen: 1. Verbindungen kommen allein den Stielchen zu, es sind also stets nur die Bündel, die zur Versorgung eines Blättchens dienen, in seitlichem Zusammenhang. 2. Es finden sich außerdem Verbindungen in den Spindelknoten; es sind also alle Bündel, die an der Versorgung eines Blättchenpaares beteiligt sind, vor ihrer Divergenz nochmals in Zusammenhang gebracht. 3. Es ist außerdem im Blattgrund eine Verbindungszone aller Blattspurbündel geschaffen. Im Falle 1 ist eine Abtrennung einzelner Blatteile von allen Zufuhrbahnen zum Zweck der physiologischen Versuche leicht, in Fall 2 schon schwerer, im 3. Fall ist sie so gut wie ausgeschlossen, zumal wenn auch oberhalb des Blattgrundes noch weitgehende Verbindung das Blattspurbündel oder ihrer Seitenzweige erreicht ist. — In bezug auf die Vollkommenheit des seitlichen Zusammen-

hanges aller Wasserbahnen der Blattspur enthalten also beide Typengruppen gut und mindergut ausgebildete Fälle.

Was die Blattspreite betrifft, so stellt das in ihr vorhandene Bündelnetz ebenfalls einen Zusammenhang aller Blattspurbündel her. Die Teilung der Spreite, wie sie beim Fiederblatt eingetreten ist, bedingt, daß das Spreitenbündelnetz nur zwischen den Blattspurbündeln, die an der Versorgung eines Blättchens beteiligt sind, eine Verbindung herstellen kann. Im Blättchenmittelnerven kann bei fiedernervigen Blättchen natürlich auch seitliche Verbindung der Blättchenspurbündel stattfinden, während bei den häufigen handnervigen Blättchen von der Blättchenbasis aus die Divergenz der Spurbündel erfolgt.

Beim Vergleich des Wasserleitungssystems in Fiederblättern mit dem der fiedernervigen einfachen Blätter und Blättchen ergab sich, daß die Abgabestellen der Seitennerven erster Ordnung vom Mittelnerven bezüglich der Bündelverbindungen nicht in der Weise ausgebildet sind wie die Spindelknoten der Fiederblätter. Es lassen sich beim einfachen Blatt ähnliche Typen aufstellen, wie die in Gruppe I vereinigten Typen der Fiederblätter, bei denen ja auch keine besondere Ausbilduug des Leitungssystems in den Knoten stattgefunden hat.

Die Verteilung der Bündelgebiete innerhalb der Spreite kann in doppelter Weise ausgebildet sein: 1. Die Abzweigung erfolgt stets an den Flanken der Blattspur-Bündelrinne; es müssen dann notwendig die Bündelgebiete in gleicher Reihenfolge nebeneinander liegen wie die Blattspurbündel im Blattgrund. 2. Es findet eine Durchkreuzung der Bündel in der Spindel statt. Es werden also Teile aus dem Innern der Rinne ausgebogen, während noch Flankenteile in der Spindel verbleiben. Die Folge muß dann eine Durchkreuzung auch der Bündelgebiete in der Spreite sein. Das Versorgungsgebiet eines Blattspurbündels ist in mehrere Gebiete gespalten, die durch Versorgungszonen anderer Bündel voneinander getrennt sind.

Bei der Prüfung der anatomisch vorher genau bestimmten Typen auf die Wirkungsweise ihrer Wasserbahnen unter verschieschiedenen äußeren Umständen kamen vier Versuchsmethoden zur Anwendung. Die Untersuchungsergebnisse berechtigen zu folgenden Schlüssen: 1. Wenn ein Blatt in seiner ganzen Spreite gleichmäßig transpiriert und alle zuleitenden Wasserbahnen von der Wurzel aus unter gleichem Druck Wasser erhalten, so versorgt jedes Blattspurbündel bzw. seine Seitenzweige ein bestimmtes Gebiet der Blattspreite; es gibt also nicht jedes Bündel an alle Blatt-

regionen gleichmäßig Wasser ab, sondern bevorzugt ein ihm zugeteiltes Gebiet. Falls sich Bündelbrücken finden, so vermitteln sie in diesem Falle keinen Wasseraustausch. 2. Wenn im Gegensatz zu dem angenommenen ersten Fall, in einem Blattspurbündel durch die Wirkungsweise der Wurzel ein Überdruck zustande kommen sollte, so würde dieses Bündel der Blattspur alle Spreitenteile gleichmäßig mit Wasser versorgen können, sofern nur Verbindungen irgendwelcher Art zwischen ihm und den anderen Blattspurbündeln vorkommen und die Transpiration bzw. der Wasseraustritt aus den Wasserspalten im ganzen Blatt gleichmäßig stattfinden kann. 3. Würde durch Verletzung ein Teil der Blattspurbündel unterbrochen oder durch Knickung unwegsam, ein Fall, der in der Natur leicht eintreten kann, so werden dadurch die direkten Zufuhrbahnen der betreffenden Spreitenregionen unterbrochen, die nicht geöffneten oder nicht geknickten Blattspurbündel dagegen bleiben unvermindert wirksam. Unsere Versuche ergeben, daß in diesem Falle die ganze Spreite von den nicht verletzten Bahnen aus versorgt werden kann, wenn Bündelverbindungen irgendwelcher Art zwischen den verschiedenen Bahnen vorkommen. Je nach der Vollkommenheit, mit der diese Verbindungen ausgebildet sind, wird die gleichmäßige Versorgung aller Blattregionen auch bei weitgehenden Verletzungen des Blattes mehr oder weniger gut durchgeführt werden können. 4. Schließlich gestatten unsere Versuche noch eine letzte Folgerung: Wenn bei Blättern, welche Bündelverbindungen zwischen den Blattspurbündeln besitzen, bei gleicher Wasserzufuhr von der Wurzel aus in alle Blattspurbündel durch irgendwelche Umstände ein Spreitenteil stärker transpiriert als die anderen Blattgebiete, so wird er auch einen stärkeren Wasserstrom empfangen und wird, wenn seine direkten Zufuhrbahnen die erhöhten Transpirationsverluste nicht mehr zu decken vermögen, Wasser durch aktive Saugung auch aus den Bahnen entnehmen, die zu minder stark transpirierenden Stellen führen.

Juli 1912, Botanisches Institut der Universität Marburg.

Sitzung vom 29. November 1912.

Vorsitzender: Herr J. BEHRENS.

Als ordentliche Mitglieder werden vorgeschlagen die Herren:

Gilbert, Edward M., Assistant Professor of botany an der University of Wisconsin in **Madison** (durch C. E. ALLEN und J. B. OVERTON),

Gerö, Arpad, k. ungar. Oberrealschulprofessor in **Charlottenburg**, Pestalozzistr. 101 (durch P. LINDNER und W. WÄCHTER).

Der Vorstand hat Herrn Professor Dr. H. GRAFEN ZU SOLMS-LAUBACH in Straßburg i. E. zu seinem 70. Geburtstage folgende Adresse gewidmet:

Sehr geehrter Herr Professor!

Die Deutsche Botanische Gesellschaft, deren Mitglied vom Jahre der Begründung an Sie sind, freut sich, Ihnen heute zu Ihrem siebenzigsten Geburtstage die besten Glückwünsche aussprechen zu können.

Schon mit Ihrer Dissertation über *Lathraea* haben Sie ein Thema in Angriff genommen, das bald Ihren Namen unter den Botanikern bekannt gemacht hat: das Studium des Baues und der Entwicklung phanerogamer Parasiten, der Rafflesiaceen, Hydnoraceen, Loranthaceen, Santalaceen usw. Sie haben dann im Laufe von fast 50 Jahren zahlreiche Abhandlungen veröffentlicht, die in erstaunlicher Vielseitigkeit die Systematik von Pflanzen aller großen Gruppen umfassen. Viele dieser Studien, zumal die über Cruciferen, haben auch wichtige Anhaltspunkte für unsere Vorstellungen von der Entstehung der Arten gegeben. Durch dieses Problem aber werden Ihre Untersuchungen aus dem Gebiete der Systematik verknüpft mit anderen, die den Schwerpunkt Ihrer wissenschaftlichen Tätigkeit ausmachen und die sämtlich Fragen geschichtlicher Art behandeln.

Mit Geschichte der Pflanzen im weitesten Sinn des Wortes haben Sie sich beschäftigt und dabei stets mehr die Feststellung von Tatsachen im Auge gehabt, als die bei derartigen Forschungen naheliegenden Spekulationen. Durch Ihre Abhandlungen über den Feigenbaum, über *Carica*, über Erdbeere, Weizen und Tulpe haben Sie unsere Kenntnisse von der Geschichte der Kulturpflanzen mächtig gefördert. In Ihrer allgemeinen Pflanzengeographie haben Sie die leitenden Gesichtspunkte dieser Wissenschaft, besonders ihrer historischen Probleme, in übersichtlicher Weise zusammengefaßt und ihr zahlreiche neue Anregungen gegeben. Endlich haben Sie durch Ihre Palaeophytologie die Lehre von den fossilen Pflanzen von Grund aus reformiert; Sie haben ihr neue Bahnen gewiesen und ihr neue Schüler und Freunde gewonnen. Auch haben Sie durch eine Fülle von Spezialabhandlungen diese Wissenschaft, die in Deutschland durch nur wenige exakte Forscher vertreten war, ungemein gefördert.

Wohl als erster deutsche Botaniker sind Sie dem Rufe TREUBs in die Tropen gefolgt und haben so anderen den Weg zu vielseitiger wissenschaftlicher Anregung gewiesen.

Als akedemischer Lehrer haben Sie in Halle, Straßburg, Göttingen und nochmals in Straßburg zahllosen Schülern durch Ihren anregenden Vortrag dauerndes Interesse für unsere Wissenschaft eingeflößt.

Die Deutsche Botanische Gesellschaft wünscht von Herzen, daß es Ihnen vergönnt sein möge, noch viele Jahre frisch an Körper und Geist mitzuarbeiten an dem Werk, das uns vereint.

Berlin, den 23. Dezember 1912.

Der Vorstand der Deutschen Botanischen Gesellschaft

S. SCHWENDENER. G. HABERLANDT. F. OLTMANNS. J. BEHRENS.
L. WITTMACK. E. JAHN. P. LINDNER. P. CLAUSSEN. O. APPEL.

Mitteilungen.

68. H. Andres: Pirola asarifolia Michx. und uliginosa Torr., ihr Verhältnis zu P. rotundifolia L. s. l. und ihre Stellung im System.

Kritische Notizen zur Kenntnis der *Pirolaceae*.

(Mit 2 Abb. im Text.)

(Eingegangen am 25. Oktober 1912.)

Die Abgrenzung der *Pirola asarifolia* Michx. gegen *P. rotundifolia* L. machte schon von jeher Schwierigkeiten, die auch heute noch nicht ganz überwunden sind. Durch Vergleich der Beschreibungen bei den verschiedenen Monographen der Familie und den Autoren größerer amerikanischer Floren ersieht man, wie man ihr einesteils zu wenig Beachtung schenkte, andernteils sie aber auch recht oft übersah, bzw. mit *P. rot.* verwechselte. Wenn schon die selbständige Stellung der *P. asarif.* anerkannt werden muß, so kann doch nicht geleugnet werden, daß sie zu der anderen genannten Spezies in sehr nahen phylogenetischen Beziehungen steht.

MICHAUX' Diagnose[1]) läßt Zweifel aufkommen; sie ist nicht vollständig und gegen *P. rot.* nicht einwandfrei, doch so, daß *asarif.* erkannt werden kann. Auf seiner Auffassung fußen HOOKER[2]), DE CANDOLLE[3]) und ALEFELD[4]), der Monograph der Gattung. HOOKER[5]) schreibt: „foliis majoribus reniformirotundatus" und trennt sie von *Pirol.* var. *incarnata* Fisch: „floribus purpureoroseis." Es unterliegt jedoch keinem Zweifel, daß auch er Formen von *P. rot.* zu *asarif.* zog, wie viele amerikanische Botaniker noch heute tun. Exakter verfährt doch DE CANDOLLE[6]). Er trennt sie

1) MICHAUX, Flora borealis am. I. (1803) 251.

2) HOOKER, Fl. bor. am. II. (1840) 46.

3) DE CANDOLLE, Prodromus VII. (1839) 773.

4) Linnaea XXVIII. (1856) 54. — Die hier in Frage kommenden Spezies gehören zum Genus *Thelaia* Alef.

5) a. a. O. S. 46.

6) a. a. O. S. 773.

nach dem Areale: *arasif.* gehört Amerika, *incarnata* Asien an. ALEFELD[1]) beschreibt sie ausführlich und weitläufig, doch nicht genau; in keinem Falle gibt er sie aber bildlich richtig wieder[2]).

Er vermehrte die herrschende Verwirrung in einem Nachtrag zu seiner Monographie[3]), indem er alle als selbständige Spezies beschriebenen Formen aus dem *Rotundifolia*-Kreise als Abarten von *P. rot.* erklärte. Lange vor ihm hatte aber schon RADIUS in einer Monographie[4]) ihr eine ganz andere Deutung gegeben. Unter „*P. asarif.*" beschreibt er *P. chlorantha* Sw. neu, die aber 1810 von OLAF SWARTZ beschrieben und abgebildet worden war[5]). Er wandte zwar MICHAUX' Diagnose[6]) an — auch nicht ganz mit Unrecht —, da sie jedoch keine näheren Angaben über die Blütenfarbe enthielt, mußte sie zu falscher Deutung Veranlassung geben. SERINGE[7]) erkannte sie besser, hält aber *P. media* Sw.[8]) für identisch mit ihr und schreibt darum „richtig": „floribus albo-roseis", freilich ein bedenklicher Irrtum. Um nun diese Diagnose auf seine *asarif.* anwenden zu können, ändert RADIUS den SERINGschen Zusatz in „flavo-viridis sunt." Die SWARTZsche Beschreibung von *P. chlorantha* war ihm bekannt, doch wendet er den Namen nicht an, obwohl er ganz einwandfrei ist, und auch die Pflanze zu sicherer Erkenntnis genügend illustriert war. *P. asarif.* Michx. war wohl älter, aber dafür die Diagnose doch recht mangelhaft und zweideutig. Schwerlich sah er amerikanisches Material von beiden fraglichen Spezies, sonst hätte er seine Ansicht verbessert. Er fußt in der Hauptsache auf NUTTALL und PURSH. Diese beiden Autoren halten aber in ihren Florenwerken *P. asarif.* und *rot.* nicht auseinander. NUTTALL stellt sie zu *chlorantha* Sw., ihm ist der Name *asarif.* Synonyma zu dieser Spezies[9]). PURSH dagegen läßt den Namen gelten und fügt hinzu: „Flowers yellowesh-green", was

---

1) a. a. O. S. 54—56.

2) T. I, Fig. 8 u. T. II, Fig. 8 a. a. O.

3) Bot. Zeit. XX (1862) 220.

4) RADIUS, De *Pyrola* et *Chimophila*. Diss. (1821—29) 1. Teil S. 23.

5) Vet. Acad. Handl. (1810) 190, T. 5.

6) „*P. asarif.* foliis reniformibus, scapo squamis nonnullis convolutis vaginantibus remota vestito, spica floribus undique versis, pistillo declinato."

7) SERINGE, Monographie du genre *Pyrola* in Musée helvetiq. d. histoire nat. (part. Botanik) I. (1823) 32.

8) O. SWARTZ, Acta Holm. (1804) 257, t. 7. u. Stockh. Trans. (1784) 263, t. 7, non Sm.

9) TH. NUTTALL, The genera of north-america plants I (1818) 273. — Ihm stehen dieselben begründeten Folgerungen zu wie RADIUS.

auf *P. chlorantha* Sw. genau paßt[1]). Es wird hierdurch wiederum die Unzulänglichkeit der Originaldiagnose dargetan[2]). Im Gegensatz dazu steht D. DON, der sie richtig beibehält[3]). Erst ALEFELD[4]) räumt den Irrtum auf und bringt sie in die Nähe der *P. rot.* Dies gab, wie schon erwähnt, Anlaß zur Verwechselung mit dieser Art.

Abb. I. *Pirola asarifolia* Michx. u. *uliginosa* Torr.
1. 2. Blattformen; 3. Sepalen von *Pir. asarifolia* Michx. Bei 1 Adernetz teilweise ausgezogen. 4. Sepalenformen von *Pir. uliginosa* Torr.; 5. von *Pir. rotundifolia* L. var. *incarnata* (Fisch.) DC.; 6. von *Pir. bracteata.* Hook. (1 u. 2 etwas verkleinert, 3, 5, 6 2—3mal vergrößert, 4 etwa 5mal vergr.)

Zwar stellte er in der Monographie[5]) die unterscheidenden Merkmale sowohl gegen *rot.* als auch gegen *bracteosa* zusammen, findet

1) FR. PURSH, Flora americana septentrionalis (1814) 299.

2) NUTTALL und PURSH kann man aber den Vorwurf nicht ersparen, daß sie die Diagnose MICHAUX' doch nicht genau anwandten; denn das „foliis reniformibus" trifft auf *chlorantha* Sw. doch nur äußerst selten in vollem Umfange zu.

3) D. DON, Monography of the Genus *Pyrola* in Memoirs of the WERNERS nat. hist. Society. V. (1824) 228.

4) a. a. O. S. 54.

5) a. a. O. S. 56.

aber doch, daß eine exakte Scheidung in seiner Fassung nicht möglich ist[1]).

Daß er sich über die Spezies nicht ganz klar war, beweist folgender Umstand: er zieht die asiatische Pflanze zu *asarif.* Deshalb mußte er auch das Kriterium der Sepalenform entsprechend fassen: „calicinis laciniis lanceolatis, acutis, dimidio basali subaequalitis, inde convexe acuminatis, vix duplo longioribus ac latis.“ Diese Beschreibung paßt nicht auf sein Originalexemplar (Fig. 1), ja nicht einmal auf alle Formen der *rot.* s. l.; die nordamerikanischen Formen *americana* (Sweet) Fernald[2]) zeichnen sich durch kürzere, breite Sepalen aus[3]). Er legte eben das Hauptgewicht auf die Form und Konsistenz der Laubblätter und Schuppen des Schaftes und vernachlässigte den allgemeinen Blütenbau. Seinem Beispiele folgten MIQUEL und CLARKE ohne Vorbehalt[4]). Ersterer bezeichnete die japanische *P. rot.* wegen der Form der Laubblätter und der Blütenfarbe als *P. asarif.*[5]), später als eine Varietät derselben[6]). Überhaupt genoß die japanische Pflanze eine so mannigfache Auffassung und Bewertung wie kaum eine zweite Pirolacee[7]). Trotzdem sie KLENZE bereits früher in herb. als *P. japonica* erkannt und bezeichnet hatte, fand der Name keine Aufnahme[8]). Ich habe sie als Rasse bzw. Subspez. zu *P. rot.* s. l. gestellt, da sie mit ihr unzweideutig verwandt ist. Auch MAXIMOWICZ erklärte sie als eine *P. rot.*[9]), die sowohl weiß- als auch rotblütig

---

1) Bot. Zeit. XX. (1862) 220. Hier stellt er sogar *P. elata* Nutt. in Transact. of the philos. Soc. Philadelphia VII. (1843) 251, u. *P. uliginosa* Torr. et Gray als Synonyma zu *asarifolia,* obwohl erstere bestimmt zu seiner *Thelaia bracteosa* zu rechnen war. Monogr. S. 57.

2) Rhodora VI. (1904) 201. — Sweet Hort. Brit. ed. 2. (1830) 341, nur Name.

3) Auch FERNALD würdigt dieses Kriterium in seinem Aufsatz „The american representatives of *Pyr. rot.*“ (Rhod. a. a. p. 197) nicht genügend.

4) ALEFELD schreibt (l. cl. S. 57) von den indischen und japanischen Pflanzen: „Auf jeden Fall sind die bootanischen und japanischen Pflanzen in Blüte zu untersuchen, um zur völligen Gewißheit zu kommen“, also vorsichtig genug.

5) Prol. Fl. jap II. (1864—65) 166.

6) ibid. III. (1867) 201.

7) H. ANDRES, Zur *Pirolac.*-Flora Asiens. Deutsch. Bot. Mon N. F. I. (1910) 34 ff.

8) Gesammelt von GEHRING.

9) MAXIMOWICZ, Mélanges biologiques de l'Academie St. Petersb. VIII. 622. — Bull. d. l'Academ. imp. St. Pet. XVIII. (1873) 52.

vorkommt. (Var. *albiflora* Max. und *incarnata* Max.[1]) SIEBOLD und ZUCCARINI belegten die japanische *P. rot.* mit *P. media* Sw., ohne aber die europäische *media* Sw. wirklich mit ihr zu identifizieren[2]). Und in der Tat hat auch Japan eine Pirolee, die in der Blattform mit *P. asarif.* gewisse Ähnlichkeit hat, aber sonst mit unserer *P. media* Sw. verwandt ist. Es ist die von mir als *P. nephrophylla* beschriebene Pflanze[3]), die ich in den Kreis der *rot.* stellte; auf Grund guten Materials sehe ich mich aber gezwungen, sie in die Subsekt. *Erxlebenia* (Opiz) H. Andres zu verweisen. FRANCHET und SAVATIER führten nun endlich die *asarif.* zu *rot.* zurück mit der richtigen Bemerkung: „Variat floribus albis vel incarnatis, foliis rotundatis, vel ovatis sepalis lanceolatis vel triangularibus[4])." C. B. CLARKE rechnete die indischen Pflanzen[5]) zu *asarif.* Michx.[6]). Sie ist bei ihm Varietät von *P. rot.* Er beschreibt sie folgendermaßen; „Calyx segmente triangular-ovate, leaves usually more obovate", die Varietät *rot.*: „Calyx segmente ovate or oblong-lanceolate." Zu ersterer gehören die Exsiccaten aus Sikkim (leg. J. D. H. ANDERSON), Bootan (leg. GRIFFITH), Khasia Mts. (leg. HOOKER fil. et THOMSON, LOBB), zu letzterer die aus Kashmir (leg. THOMSON, C. B. CLARKE, FALCONER). Zwischen beiden Varietäten besteht aber kein greifbarer Unterschied.

P. asarif. Michx. ist in der Regel rotblütig. Darum wurde sie häufig mit der asiatischen var. *incarnata* Fisch. identifiziert oder ihr subordiniert: ihre Unterschiede habe ich früher betont[7]). A. GRAY[8]) stellt eine *asarif.* Michx., *incarnata* DC., *uliginosa* Gray[9]), *bracteata* Gray[10]) und *pumila* Hook. als Varietäten von *P. rot.* auf. Die amerikanische *incarnata* ist eine rotblühende

---

1) Diese Varietät *incarnata* Max. darf aber nicht mit var. *incarn.* (Fisch.) DC. aus Dahurien verwechselt werden; letztere ist eine Varietät der europ.-asiatischen *rotundifolia* H. Andres.

2) Fl. jap. Nr. 444.

3) H. ANDRES in Deutsch. Bot. Mon. a. a. O. S. 51, T. I, Fig. 4, T. II, Fig. 1.

4) FRANCHET et SAVATIER, Enumeratio plant. in japon. spont. cresc. (1875) 295.

5) leg. GRIFFITH in Bootan. ex Herb. HOOKER lagen ALEFELD vor.

6) in HOOKER Fl. of british Indian III. (1882) 476.

7) Siehe Fußnote 3 u. H. ANDRES, Zusätze und Verbesserungen zur Monograph. der rhein. *Pir.* in Ber. d. Bot. u. Zool. Ver. für Rheinl. und Westf. (1911) 8.

8) Synoptical flora of North-America II, 1. (1878) 47.

9) GRAY in Man. ed. II. (1856) 259.

10) Bot. Calif. I, 460.

**americana* (Sweet) Fern., die aber nicht mit *incarnata* DC. bezeichnet werden darf. Die Varietäten *incarnata* DC. und *grandiflora* Hook. stehen näher zu **rot.* als die anderen und sind erheblicher von **am.* verschieden. Auf keinen Fall dürfen sie mit der DE CANDOLLEschen *incarnata* verwechselt werden[1]). Zum Schlusse noch die Ansicht zweier amerikanischer Botaniker. MAC MILLEN[2]) führt für Minnesota zwei Varietäten von *P. rot.* an. Die erste ist *incarnata* DC. In der Literaturangabe zitiert er hierzu TRAUTVETTER[3]) und GRAY[4]), hält aber die amerikanische Pflanze für vollständig identisch mit der asiatischen; die Exsiccaten gehören aber teilweise zu *asarif.* (SANDBERG, Nr. 382, 383). Als zweite Varietät gilt ihm *uliginosa* (Torr.) Gray[5]). Die Unterschiede dieser Form gegen *rot.* sind aber so markante, daß eine Verwechselung wohl kaum möglich ist. CH. V. PIPER[6]) kennt überhaupt keine *P. asarif.*, aber unter den zu *bracteata* Hook. und *incarnata* DC. angegebenen Exsiccaten ist auch *P. asarif.* enthalten. Unter *bracteata* Hook. faßt er alle rotblühenden Rotundifolien mit stark entwickeltem Laubwerk und großen Brakteen, unter *incarnata* DC. alle übrigen rotblühenden Formen zusammen. Die Erkenntnis der echten *asarif.* und der *uliginosa* wurde durch diese Maßnahmen

---

1) DC. sagt im Prodr. VII (1839) 773: „racemo elongato laxo, corollis incarnatis seu rubicundis. 2|. Dahuria." *P. incarnata* Fisch. in lit.; *P. conferta* Willd. Herb.? (Fisch. et Turczan.): — Fernald: *P. asarif.* Michx. var. *incarnata* n. Comb. in Rhodora VI (1904) 178. — Schon A. v. CHAMISSO unterscheidet in Linnaea I (1826) 514 eine *Pir. asarifolia* Michx. (nec. Pursh, nec. Radius) wohl von *incarnata* (Fisch.) DC. aus Dahurien, da ihm beide Pflanzen bekannt waren. *P. asarif.* „Speciminibus majoribus *P. rot.* valde similis. Specimen nobis unicum pedale ex insula Unalaschka". Ob nun *asarif.* von Unalaschka tatsächlich diese ist oder *bracteata* Hook., hat hier vorläufig wenig Bedeutung, die Hauptsache ist, er unterscheidet die amerikanische Pflanze von der asiatischen. HERDER (Plantae Raddianae in Acta hort. Petrop. I (1871/72) 358 bis 360), der übrigens ALEFELDs zuletzt geäußerte Ansicht teilt und *asarifolia* nicht berücksichtigt, *bractcosa* Hook. aber als Varietät von *rot.* auffaßt, sah die Exemplare von Unalaschka (leg. LANGSDORFF) und stellt sie zu *bracteosa* (S. 360). — Interessieren wird seine Einteilung der *P. rot.* nach der Blütenfarbe in α *genuina* fl. albo (S. 356) u. β *incarnata* DC. (= *P. japonica* Klenze), daneben als Var. γ *pumila* Hook. Diese Einteilung der „weitverbreiteten und vielgestaltigen Pflanze" kann nicht befriedigen.

2) The Metaspermae of the Minnesota Valley I. (1902) 404.

3) Fl. Sib. S. 81.

4) Vgl. oben.

5) Man. of Bot. Ed. II. a. a. O.

6) Fl. of the State of Washington in Contributions from the United States nat. herb. XI. (1906) 435.

bedeutend erschwert, eine Tatsache, die auch FERNALD beklagte und zu heben versuchte[1]).

Bei der Abgrenzung der *asarif.* und *uliginosa* darf man das Hauptgewicht nicht auf die Form und Konsistenz der Laubblätter und der Schaftschuppen legen. Beide Teile sind variabel und können nur für kleinere Gruppen als gutes Unterscheidungsmerkmal gelten. Den wichtigsten Faktor stellen die Sepalen und Petalen dar. Die ersteren sind bei *asarif.* Michx. am Grunde verbreitert (Abb. I, 3), oft fast dreieckig, dann spitz zulaufend, häufig sogar plötzlich zugespitzt und erreichen gewöhnlich die Hälfte der Petalen. Sie ähneln etwas denen der *americana* (Sweet) Fern., die auch meist verbreiterte Sepalen hat, kommen aber auch der *bracteata* Hook. wohl am nächsten. Die Blumen sind durchweg engglockiger als bei *rot.*, aber mehr oval und kaum größer. Die Länge der Sepalen zur Größe der Blumen ist konstant, und selbst große und auffallend starke Pflanzen weisen dieselben Verhältnisse auf. Die Petalen sind oval oder elliptisch, meist fast doppelt so lang als breit und an der Spitze abgerundet. Den Laubblättern liegt in der Regel die Nieren- seltener die Herzform zugrunde (Abb. I, 1, 2, Abb. II, 1). In der Diagnose kann sie allein nicht ausschlaggebend sein; denn auch bei unserer *rot.* kommen Formen mit solchen Blättern vor[2]). Selten finden sich an der Basis abgerundete Blätter. Über die Schuppenblätter und Stengelbrakteen vgl. man bei ALEFELD.

P. uliginosa Torr. et Gray hat kurze, am Grunde ± dreieckige Sepalen, die in der Form denen von *P. chlorantha* Sw. und *picta* Sm. gleichen. Sie sind einfach zugespitzt, manchmal auch in eine kurze Spitze ausgezogen, stets aber nicht länger als $^1/_3$ der Petalen, die in der Form denen von *P. asarif.* gleichen (Abb. I, 4). Die Blütenknospe ist länglich, der Gesamt-Habitus von dem einer *Pir. rot.* sehr verschieden. Die Blätter sind in der Regel breit elliptisch bis kreisrund (Abb. II, 2, 3), selten am Grunde nierenförmig ausgerandet, ihre Stiele variabel, bald von der Länge des Blattes, bald auch nur halb so lang, ± breit geflügelt. Die Schuppen des Schaftes sind sehr verschieden gestaltet und kommen als Kriterium gegen *P. rot.* kaum in Frage. Die Infloreszenz ist bei beiden Piroleen ziemlich locker, ± reichblütig. Im Griffelbau unterscheidet sie sich wesentlich von *asarif.* Näheres ist aus den folgenden kurzen Diagnosen ersichtlich.

1) Rhodora VI. S. 178.

2) G. v. BECK, Fl. v. Nieder-Österreich (1893), 898. — H. ANDRES, Monogr. d. rhein. *Pir.* a. a. O. S. 130. — Ders. Nachtrag (1912). S. 8, 9.

***Pirola asarifolia* Michx.** Fl. bor. am. I. (1803) 251 (pr. parte).

Laubblätter ± langgestielt, nieren- bis herzförmig, selten am Grunde nur ausgerandet oder kaum ausgebuchtet. Traube ±

Abb. II. 1. *Pir. asarifolia* Michx. Habitusbild (nach einem ALEFELDschen Original). Fig. 2, 3. *Pir. uliginosa* Torr. Habitusbilder.

vielblütig, ziemlich locker. Blüten groß, rundglockiger als bei *Pir. rot.*, rot bis pupurn, selten weißlich. Sepalen am Grunde breit dreieckig, in eine Spitze vorgezogen, sich mit den Rändern

häufig überdeckend, in der Regel halb so lang als die Petalen, doch auch kürzer und länger als die Hälfte derselben, seltener viel kürzer. Petalen oval, 7—9 mm lang und 4—5,5 mm breit, carmoisinrot bis rötlichweiß. Griffel weit hervorragend, kräftig, meist ziemlich stark gebogen. Antheren kürzer als die Petalen, nicht hervorragend, ± rot. Kapsel 4—6 mm hoch. — 15—25 cm hoch. VII. Vorkommen: Dichte moorige Wälder, namentlich Coniferenwaldungen. Areal: Mittleres Nordamerika und südliches Canada, namentlich in den östlichen Staaten der Union, nicht so häufig wie *uliginosa* [1]).

Syn. *Pyrola rotundifolia* L. var. *nummularia* Mühlb. Cat. 44 ex ALEF. Monogr. a. a. O. S. 54.
„ „ var. *β asarifolia* Hook. Fl. bor. am. II. (1840), 46. — LEDEB. Fl. ross. II (1844/46), 928.
„ „ var. *asarifolia* auct. am. mult.
„ „ „ „ A. GRAY Syn. fl. of North Am. II, 1 (1878), 48 (pr. parte!).
„ „ *chlorantha* Nutt. Gen. I. (1814), 273.
„ „ *asarifolia* (Michx.) DC. Prodr. VII (1839), 773.

Thelaia asarifolia ALEF. Monogr. in Linn. XXVIII (1856), 54 (pro parte!) non T. I, Fig. 8. non T. II, Fig. 8.

Pyrola incarnata [(DC) Fisch. DC. Prodr.] Ch. V. PIPER, Fl. of the State of Washington a. a. O. p. 435 (pro parte!).

Syn. excl. *P. asarifolia* Rad. (= *P. chlorantha* Sw.); *P. incarnata* Fisch. (= *rot.* var. *incarnata*); *P. asarifolia* Miq. (= *P. rot. japonica*).

Lit. GOLDIE in Edingburgh philos. Journ. n. 6, p. 266, ex HOOK. Fl. a. a. O. p. 46 — u. die eingangs genannten Werke.

Exs. J. F. COLLINS and M. L. FERNALD, Plants of Eastern Quebec (1905) Nr. 123.

PIPER, Idaho Flora Nr. 3829. — VASEY, Pl. of Washington Nr. 366. — WATSON, U. S. Geological Exploration of the 40th Parellel Nr. 742[2]).

***Pirola uliginosa* Torr. et Gray**[3]) u. **Torr.** Fl. New York I (1843), 453.

Sumpfpflanze. Schuppenblätter ziemlich reich entwickelt, eilanzettlich, zugespitzt, groß. Rosette reich und ± dichtblättrig. Laubblätter ± derb, oval oder elliptisch bis kreisrund, in den Stiel verlaufend, ausnahmsweise auch an der Basis schwach nierenförmig.

---

1) ALEFELD bildet in keinem Falle eine *P. asarif.* ab. Sie stellen verschiedene Formen der *rotundifolia* aufs beste dar.

2) Eine reichhaltige Kollektion von *P. asarif.* und namentlich von *uliginosa* Torr. verdanke ich der „Smithsonian Institution" in Washington, die mir ihr Material der Familie bereitwilligst entlieh. Auch an dieser Stelle sei der Direktion derselben aufrichtigst gedankt. — Von den Exs. sind hier nur einige als Beispiel angeführt.

3) Syn. *P. obovata* Bertol. misc. bot. III (1844). p. 11, t. 2. — *P. rotundi-*

Stiel so lang als das Blatt oder auch nur $^1/_3$ desselben (je nach dem Standorte). Schaft ± aufrecht, dick, bisweilen gebogen, mit wenigen, großen, lanzettlichen, zugespitzten oder abgerundeten Schuppenblättern. Infloreszenz das obere Drittel des Schaftes einnehmend, lockerblütig. Brakteen lanzettlich, bald länger, bald kürzer als der Blütenstiel, zugespitzt, meist zurückgeschlagen. Knospen groß, länglich. Blüten groß, kleiner als *rot.*, etwa von der Größe derer von *asarif.*, karmoisin- bis helirot, seltener weißlich. Sepalen am Grunde breit dreieckig (Abb. I, 4), zugespitzt oder selten abgerundet, stets kürzer als $^1/_3$ der Petalen. Petalen elliptisch bis oval, aber stark in die Länge gezogen (entgegen den breitelliptischen bis fast kreisrunden von *P. rot.*), 7—9 mm lang und 3,5—5,5 mm breit (Verhältnis etwa 2 : 1). Staubblätter wie die Kronblätter gefärbt, stets kürzer als diese um nicht aus der Glocke hervorragend. Griffel kürzer als bei *asarif.*, kaum hervorragend, dünn (*P. chlorantha* Sw., ähnelnd), bei der Fruchtreife nicht doppelt so lang als die Kapsel. Kapsel der von *chlorantha* Sw. ähnlich, 4—5 mm hoch und 5—6 mm breit, Sepalen kaum $^1/_2$ der reifen Kapsel überdeckend:

Höhe 10—40 cm; Blüte VI—VIII; Kapselreife IX—X.

Areal: Mit *asarifolia* Michx. gleiches Areal teilend, reicht aber häufiger weiter nach N., jedoch nicht so weit nach Süden; bewohnt Sümpfe, Flußufer.

P. asarifolia Michx. zeigt, wie schon eingangs hervorgehoben und auch aus der Diagnose hervorgeht, nähere phylogenetische Beziehungen zu *P. rot.* Faßt man diese im „weitesten Sinne" auf, so ließe sie sich ihr vielleicht als sog. „kleine Art" anschließen. Die nächsten Beziehungen hat sie zu *P. bracteata* Hook., die ja auch dem Kreise der *rot.* nahesteht. Ob man beide zu einer Gesamt-Spezies vereinigen kann[1]), würde am besten durch amerikanische

folia L. var. *uliginosa* Gray Syn. fl. North-Am. II, 1 (1878), 48, sowie Manual a. a. O. Ed. I—VII.

Thelaia asarifolia Alef. a. a. O. (pro parte!)

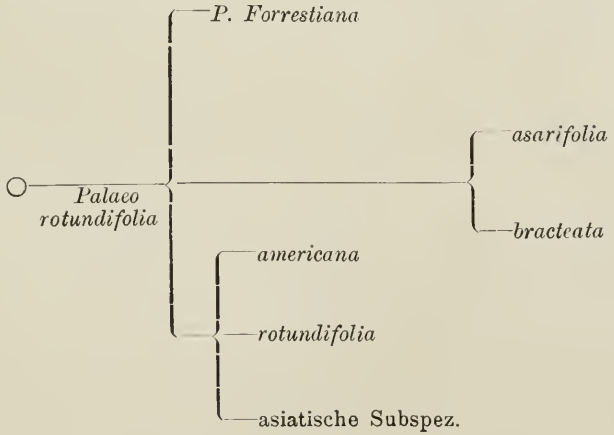
Lit. FERNALD in Rhod. VI (1904), 178. — Abb. I, 4 und Abb. II, 2 u. 3.

Exs. C. F. BAKER, Pl. of Nevada Nr. 1365. — N. W. EGGLESTON, Pl. of Western Vermont Nr. 1441. — M. D. JONES, Pl. of Utah, Nevada and Arizona Nr. 5727. — KNOWLTON, Pl. of Colorado Nr. 105. — J. MACOUN, Pl. of Alberta (Canada) Nr. 23341. — A. and E. NELSON, Pl. of Yellowston Nat. Park Nr. 6247. — Ch. SHAW, Selkirk Fl. (pro *asarif.*) Nr. 204. — FR. TWEEDY, Pl. of Southern Wyoming Nr. 4560, 4640. — New-York Bot. Garden Nr. 4638 (aus Montana).

1) Beide hatte ich früher in herb. und „Nachtrag zur Monogr." S. 8 miteinander vereinigt und *P. uliginosa* provisorisch hinzugezogen; letztere muß aber entschieden von ihr abgetrennt werden.

Botaniker entschieden, da ihnen lebendes Material zur Verfügung steht. Zur Abtrennung von *P. rot.* waren für mich die oben zitierten Gründe maßgebend (namentlich Form der Blütenteile). Sie hat sich aus dem Rotundifolien-Stamme früh ausgegliedert und in dem von ihr okkupierten Areale weiter entwickelt. Ihr Areal ist zwar ausgedehnter als das von *P. bracteata* Hook. (ihr Schwerpunkt der Entwicklung liegt in der westlichen Union) und *uliginosa* Torr., reicht aber in der Ausdehnung bei weitem nicht an das von *rot.* heran; außerhalb Nordamerikas wurde sie noch nicht gefunden. Vorderhand wird es am besten sein, *P. asarif.* dem Kreise der *rot.* im System folgen zu lassen.

Große Selbständigkeit hat jedoch *P. uliginosa* Torr. Mit Rücksicht auf ihre Blattform, die Form und Farbe der Kronblätter wird man sie im System als ein convergentes Glied der *P. rot.* s. l. auffassen können, muß sie aber wegen ihrer Sepalenform der Sektion I des Subgenus *Thelaia* Hook. fil. zuorden. — Beide Piroleen — *asarif.* sowie *uliginosa* — sind biologisch weiter vorgeschritten als die meisten Rotundifolien; sie produzieren in der Hauptsache nur rote Blüten. Schematisch ließe sich die Verwandtschaft etwa folgendermaßen ausdrücken:



Bonn, am 22. Oktober 1912.

69. O. Renner: Zur Physik der Transpiration II.

(Eingegangen am 5. November 1912)

Versuche mit wassergefüllten Schalen und mit feuchtem Papier haben ergeben, daß die Evaporation in sehr ruhiger Luft der Größe der evaporierenden Fläche nicht genau proportional ist, sondern bei kleinen Flächen verhältsnismäßig höher ausfällt als bei großen (vgl. „Beiträge zur Physik der Transpiration", in Flora 1910, Bd. 100, S. 485, und „Zur Physik der Transpiration", in diesen Berichten, Jahrg. 1911, Bd. 29, S. 125)[1]. Im vergangenen Sommer, im Juni, habe ich nun einige wenige Versuche mit Pflanzen angestellt, um zu erfahren, ob für die Transpiration der Blätter dasselbe gilt.

Die Methode der reversiblen Flächenzerlegung, die die sichersten Resultate gibt (vgl. 1911, S. 129) hat sich bis jetzt auf lebende Blätter nicht anwenden lassen. Ich habe nur nacheinander erst die Transpirationsgröße der ganzen und dann die der halben Blätter bestimmen können. Ein merkbarer Ausschlag war eher von kleinen als von großen Blättern zu erwarten, es wurden deshalb anstatt einfacher großer Blätter mehrblättrige Zweige und Stengel, meist von *Syringa vulgaris* und *Aster* spec., verwendet. Die Objekte wurden erst mit unverletzten Blättern gewogen, dann wurden sämtliche Blätter mit der Schere der Mittelrippe entlang halbiert und die Wunden mit geschmolzener Kakaobutter sorgfältig verschlossen. Beim Halbieren wurde darauf geachtet, daß bei deutlicher Asymmetrie der Blätter abwechselnd von einem Blatt die größere, vom anderen die kleinere Hälfte stehen blieb. So ist wohl im Mittel eine ziemlich genaue Halbierung der transpirierenden Flächen erreicht worden. Zuletzt wurden die Blattspreiten ganz entfernt und nach Verschluß der Wunden die Transpiration der übrigbleibenden Achsenteile und Blattstiele ermittelt.

1) Auf Seite 128 sind in der oberen Tabelle Druckfehler stehen geblieben. In der vierten vertikalen Kolumne 7. Zeile von oben, müssen die Zahlen heißen: 12,3 und 5,26. Die zugehörige Zahl 2,34 in der letzten vertikalen Kolumne ist um eine Zeile nach oben verschoben, ebenso alle nach unten folgenden Zahlen.

Die Pflanzen wurden am Abend im Garten unter Wasser abgeschnitten, über Nacht im Versuchszimmer gehalten und am folgenden Tag, mit Watte in den Korkstopfen eines wassergefüllten Kölbchens eingedichtet, gewogen.

Wie früher wurde auf der Seite der Pflanze ein Übergewicht gegeben und die Zeit ermittelt, die bis zur Wiederherstellung des Gleichgewichts verstrich. Um die Luft in der Nähe der Blätter recht ruhig zu halten, wurde die Wagschale mit der Pflanze so unterstützt, daß die Zunge der Wage sich nach der Gegenseite nur um 1—2 Teilstriche der Skala über die Mitte hinaus bewegen konnte. Die Schale mit der Pflanze ruhte also, wenn ihr ein Übergewicht (meist von 0,05 g) gegeben wurde, auf der Unterlage und kam erst dann ins Schweben, wenn sich durch die Transpiration schon fast Gleichgewicht hergestellt hatte. So wurde ein längeres Schwingen der Wage ganz verhindert und zudem auch eine sehr scharfe Bestimmung des Zeitpunktes ermöglicht, in dem Gleichgewicht herrschte.

Versuche, in deren Verlauf die Helligkeit wahrnehmbar schwankte, wurden ausgeschaltet.

1. Serie. Zweige von *Syringa* mit 4—7 Blattpaaren im Dunkelzimmer, beim Licht einer schwachen elektrischen Lampe gewogen.

Zweig a verliert je 0,05 g in $5^1/_2{}'$, $5^1/_2{}'$, $5^3/_4{}'$, $5^3/_4{}'$; 0,20 g in $22^1/_2{}'$; 0,0888 g in 10 '.

Mit halbierten Blättern: 0,05 g in $9^1/_4{}'$, $9^1/_2{}'$; 0,10 g in $18^3/_4{}'$; 0,0533 g in 10 '.

Ohne Blattspreiten: 0,005 g in 10 '.

Die ganzen Blätter ohne Stiele und Achse verlieren also in 10 ' 0,0838 g, die halben Blätter 0,0483, und die gesamte Blattfläche würde, in Blätter von der halben Größe der ursprünglichen zerlegt, $2 \cdot 0{,}0483 = 0{,}0966$ g verlieren.

Zweig b) 0,05 g in $5^3/_4{}'$, $5^1/_4{}'$, $5^3/_4{}'$, $5^3/_8{}'$; 0,20 g in $22^1/_4{}'$; 0,090 g in 10 '.

Halbe Blätter: 0,05 g in $10^1/_2{}'$, $10^1/_2{}'$; 0,0476 g in 10 '.

Ohne Blattspreiten: 0,005 g in 10 '.

Ganze Blätter allein: 0,085 g. Halbe Blätter: $2 \cdot 0{,}0426 = 0{,}085$ g.

Zweig c) 0,10 g in $14^1/_2{}'$, 0,05 g in $7^1/_2{}'$; 0,069 g in 10 '.

Halbe Blätter: 0,05 g in $11^1/_2{}'$, $11^1/_2{}'$; 0,0435 g in 10 '.

Ohne Blattspreiten: 0,005 g in 12 '.

Ganze Blätter allein: 0,064 g. Halbe Blätter: $2 \cdot 0{,}0385 = 0{,}077$ g.

Zweig d) 0,05 g in $6^5/_8{}'$, $6^5/_8{}'$; 0,0755 g in 10 '.

Halbe Blätter: 0,05 g in $10^1/_8{}'$, $10^1/_8{}'$; 0,494 g in 10 '.

Ohne Blattspreiten: 0,005 g in $7^1/_2$′; 0,0067 g in 10′.

Ganze Blätter allein: 0,0688 g. Halbe Blätter: $2 \cdot 0{,}0427 = 0{,}0854$ g.

Zweig e) 0,05 g in $4^1/_4$′, $4^3/_8$′, $4^1/_2$′, $4^1/_2$; 0,20 g in $17^5/_8$′; 0,1135 g in 10′.

Halbe Blätter: 0,05 g in 7′, 8′, $8^1/_4$′; 0,15 g in $23^1/_4$′; 0,0645 g in 10′.

Ohne Blattspreiten: 0,005 g in $7^1/_2$′; 0,0067 g in 10′.

Ganze Blätter allein: 0,1068 g. Halbe Blätter: $2 \cdot 0{,}0578 = 0{,}1156$ g.

Übersicht über Serie 1:	Ganze Blätter	Halbe Blätter
a	838	966
b	850	850
c	640	770
d	688	854
e	1068	1156
Summe	4084	4696

Mittleres Verhältnis: 4696 : 4084 = 1,123 : 1.

2. Serie. Zweige von *Syringa*, Stengel von *Aster* spec. und von *Aconitum lycoctonum* im hellen Zimmer.

a) *Syringa*, Zweig mit 6 Blattpaaren. Verliert 0,05 g in $3^7/_8$′, $3^7/_8$′; 0,13 g in 10′.

Halbe Blätter: 0,05 g in $6^1/_4$′, $6^1/_4$′; 0,08 g in 10′.

Ohne Blattspreiten: 0,01 g in 10′.

Ganze Blätter allein: 0,12 g. Halbe Blätter: $2 \cdot 0{,}07 = 0{,}14$ g.

b) *Syringa*, verästelter Zweig mit 15 Paaren kleiner Blätter. Verliert 0,05 g in $4^3/_4$′, $4^3/_4$′, $4^3/_4$′, $4^3/_4$′; 0,105 g in 10′.

Halbe Blätter: 0,05 g in 8′, 8′; 0,0625 g in 10′.

Ohne Blattspreiten: 0,01 g in 10′.

Ganze Blätter allein: 0,095 g. Halbe Blätter: $2 \cdot 0{,}0525 = 0{,}105$ g.

c) *Aconitum*, Stengel ohne Gipfel, mit 4 Blättern. Verliert 0,05 g in 3′, $3^1/_8$′, 3′; 0,164 g in 10′.

Halbe Blätter: 0,05 g in $5^1/_8$′, $5^1/_4$′; 0,0964 g in 10′.

Ohne Blattspreiten: 0,025 g in 10′.

Ganze Blätter allein: 0,139 g. Halbe Blätter: $2 \cdot 0{,}0714 = 0{,}143$ g.

d—h) Stengel von *Aster*, ohne Gipfel, mit etwa 15 langen schmalen Blättern.

d) 0,05 g in $2^3/_4$′, $2^7/_8$′; 0,178 g in 10′.

Halbe Blätter 0,05 g in $3^7/_8$′, 4′; 0,127 g in 10′.

Stengel ohne Blätter: 0,02 g in 10′.

Ganze Blätter allein: 0,158 g. Halbe Blätter: $2 \cdot 0{,}107 = 0{,}214$ g.

e) 0,05 g in $1^5/_8$′, $1^5/_8$′; 0,10 g in $3^1/_4$′; 0,308 g in 10′.

Halbe Blätter: 0,05 g in $2^5/_8$′, 3′, $2^5/_8$′; 0,182 g in 10′.

Stengel ohne Blätter: 0,02 g in 10′.
Ganze Blätter allein: 0,288 g. Halbe Blätter: 2·0,162 = 0,324 g.
f) 0,05 g in $3^1/_2$′, $3^1/_4$′, $3^1/_8$′; 0,158 g in 10′.
Halbe Blätter: 0,05 g in $5^1/_4$′, $5^1/_4$′; 0,095 g in 10′.
Stengel ohne Blätter: 0,022 g in 10′.
Ganze Blätter allein: 0,136 g. Halbe Blätter: 2·0,073 = 0,146 g.
g) 0,05 g in $2^1/_4$′; 0,222 g in 10′.
Halbe Blätter: 0,05 g in 4′; 0,125 g in 10′.
Stengel ohne Blätter: 0,017 g in 10′.
Ganze Blätter allein: 0,205 g. Halbe Blätter: 2·0,108 = 0,216 g.
h) 0,05 g in $3^1/_8$′; 0,160 g in 10′.
Halbe Blätter: 0,05 g in 5′, 0,100 g in 10′.
Stengel ohne Blätter: 0,017 g in 10′.
Ganze Blätter allein: 0,143 g. Halbe Blätter: 2·0,083 = 0,166 g.

Übersicht über Serie 2:	Halbe Blätter	Ganze Blätter
a	120	140
b	95	105
c	139	143
d	158	214
e	288	324
f	136	146
g	205	216
h	143	166
Summe	1284	1454

Mittleres Verhältnis: 1454 : 1284 = 1,132 : 1.

Die Transpiration der Flächeneinheit in ruhiger Luft wird also durch die Halbierung der Blätter bei den verwendeten Objekten tatsächlich um 12—13 pCt. gesteigert. Der Ausschlag ist nicht bedeutend, und wenn die Luft nicht sehr sorgfältig ruhig gehalten wird, kann schon bei Blättern von der Größe des Fliederblattes die Zerlegung in Flächen von der halben Größe keinen deutlichen Einfluß ausüben.

München, Pflanzenphysiologisches Institut, September 1912.

70. O. Renner: Versuche zur Mechanik der Wasserversorgung.

1. Der Druck in den Leitungsbahnen von Freilandpflanzen.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 5. November 1912.)

Vor einiger Zeit habe ich nachgewiesen, daß in welkenden Blättern Unterdrucke von mehreren Atmosphären auftreten und durch die Achsenteile fortgepflanzt werden[1]). Die Beobachtung, daß bewurzelte Pflanzen bei anhaltend trockener Witterung oft deutlich welk werden, weist mit Sicherheit darauf hin, daß bedeutende negative Spannungen unter normalen Bedingungen entstehen, sich lange erhalten und also dauernd für die Wasserversorgung wirksam werden können. Das Wiederstraffwerden andrerseits ist ein Zeichen dafür, daß auch bei langer Dauer der negativen Drucke die Leitungsbahnen nicht durch eindringende Luft unwegsam gemacht werden. Wie weit bei diesen Vorgängen lebende Zellen innerhalb der Leitungsbahnen im Spiel sind, darüber ist noch nichts bekannt. Aber die sogenannten vitalen Theorien des Saftsteigens haben ihren Schwerpunkt in der Annahme, daß durch die Tätigkeit lebender Zellen das Auftreten beträchtlicher Zugspannungen in den Leitbahnen vermieden wird, die Kohäsionstheorie rechnet mit solchen mächtigen Unterdrucken, wie sie nun experimentell festgestellt sind. Die Entscheidung ist also schon unzweideutig zugunsten der Kohäsionstheorie gefallen.

Wenn der Erfolg auch mit Sicherheit vorauszusehen war, so schien es doch nicht überflüssig, an Freilandpflanzen die Drucke in den Leitbahnen zu messen. Als Manometer wurde wie früher das Potometer in Verbindung mit der Wasserstrahlluftpumpe verwendet. Unverletzte Zweig- und Stengelspitzen oder des Gipfels beraubte Zweige und Stengel wurden in einfache Potometer eingeführt, die später beschrieben werden sollen. Falls frische Schnittflächen die Wasseraufnahme besorgten, wurde durch Anlegen einer Metallklemme oder durch doppeltes Einkerben ein beträchtlicher Filtrationswiderstand eingeführt. Wenn die Wasseraufnahme einige

1) Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Wasserbewegung. Flora 1911, Bd. 103, S. 171.

Minuten lang beobachtet war, wurden die Zweige meist sehr kurz abgeschnitten und samt dem Potometer ins Zimmer gebracht, und an die in Luft befindliche Schnittfläche wurde die Wasserstrahlluftpumpe angesetzt. Der Vergleich der Saugwirkungen ergab die Größe der in dem Zweig entwickelten Saugkraft und damit die Höhe des Druckes in den Leitbahnen. Die Versuche wurden im vergangenen August im alten Münchener botanischen Garten ausgeführt, bei einer Witterung, die keine hohen Saugkräfte erwarten ließ; denn den wenigen Tagen, an denen bei heller Sonne experimentiert werden konnte, ging wochenlanger Regen voraus.

Im folgenden werden aus einer großen Zahl von Versuchen einige wenige mitgeteilt, in denen beträchtliche Saugkräfte ermittelt worden sind. Über die Veränderung der Saugkraft mit den Außenbedingungen soll später berichtet werden.

I. Saugung durch frische Schnittflächen, ohne Klemmen.

1. *Syringa*, zweijähriger Zweig, saugt in je 1 Minute 96 93 * 76 74 70 68 mm der Kapillarenskala[1]).

2. *Galega*, krautiger Stengel eines kräftigen, vielstengeligen Stockes, saugt nachmittags von 4^h 30′ an: 22 22 24 25 25 25 24 23 23 22,5; um 7^h: 7,5 7,5; nächsten Morgen: 3,5 3,5 3,5.

3. *Galega*, wie vorher, saugt mit Blättern: 38 39 36; alle Blätter des Stengels bis zur Wurzel abgenommen: 39 39 33 * 32 29 * * * 40 37 36 38 39 37; Stengel von der Wurzel abgetrennt: 5.

II. Saugung durch unverletzte Zweiggipfel oder durch alte Schnittflächen, ohne Klemmen.

4. *Forsythia suspensa*, Zweiggipfel mit 4 Blattparen ohne Verletzung ins Potometer eingeführt: 5,4 5 5,8. Die nächsten Blätter über dem Potometer abgenommen, der Zweig so abgeschnitten, daß außerhalb des Potometers ein 12 cm langes blattloses Stück bleibt: der Index in der Kapillare weicht zurück, und zwar in je $^1/_4$′ um 6 und um 1,5 mm, in der nächsten halben Minute rückt er wieder um 0,6 mm vor. Dieser Rückstoß beim Abschneiden soll weiterhin durch ein Minuszeichen vor der Zahl bezeichnet werden. Noch 3 cm abgeschnitten: in je $^1/_2$′ —3,8 0. Wieder 2,5 abgeschnitten: in je $^1/_4$′ —4 —0,5; in $^1/_2$′ 0. Wieder 2,5 cm abgeschnitten: in je $^1/_2$′ —2,3 0.

Derselbe Zweig, dessen Gipfel vorher ins Potometer gebogen worden war, wurde nun mit der durch das Abschneiden des

1) Ebenso bedeuten im folgenden die Zahlen die Menge des in 1′ aufgenommenen Wassers in Millimetern der Kapillare; die lichte Weite der Kapillaren war etwa 1,3 mm.

Gipfels entstandenen Schnittfläche ins Potometer eingeführt und saugte in je 1′: 55 50. Dann wurde er so abgeschnitten, daß das außerhalb des Potometers befindliche Stück 10 cm lang war: Stillstand der Saugung ohne Rückstoß.

5. *Forsythia*, einjähriger Zweig mit einer mehrere Tage alten Schnittfläche und 2 unverletzten Blättern ins Potometer eingeführt: 23 24. Über dem Potometer 3 Blattpaare abgeschnitten: 23. Noch zwei Blattpaare abgeschnitten: 22. Zweig über dem Potometer abgeschnitten, blattloses Stück 31 cm lang: in je ¼′ —5,5 —2 —1,5 —1,3; in je 1′ —1,7 +1,5 +2,3. Im Zimmer: 3,5 3,3. Pumpe an die Schnittfläche angeschlossen, Manometerstand, wie in allen folgenden Fällen, 67 cm Quecksilber: 5,5 4,5 4,8 4,7. Pumpe abgenommen: 2. Zweigstück außerhalb des Potometers auf 7 cm gekürzt, Pumpe wieder angeschlossen: 5 4,5 4. Pumpe abgenommen: 1 1,4. Die Saugung der Blätter verhält sich zu der der Pumpe wie $(23 - 2) : (5 - 2) = 7 : 1$. Demnach war die Saugkraft des Zweigs $7 \cdot 67 = 469$ cm Hg = 6 Atmosphären.

III. Saugung durch frische Schnittflächen; Zweige geklemmt oder doppelt gekerbt.

6. *Syringa*, 2jähriger Zweig. Mit frischer Schnittfläche: 117 mm. Ein Nachbarzweig abgeschnitten: 107. 2 tiefe Kerben angebracht, 4 cm übereinander: 29 28 29. 15 cm lang abgeschnitten: 2,5. Im Zimmer: 0,5. Kerben mit Plastilin verschlossen, Pumpe angeschlossen: 11 11 11. Verhältnis der Saugung $29 : 11 = 2{,}6 : 1$. Saugkraft des Zweigs = 174 cm Hg oder über 2 Atmosphären.

7. *Betula alba*, 2jähriger Zweig, erst geklemmt, dann entgipfelt und ins Potometer eingeführt: 50 50. 12 cm lang abgeschnitten, im Zimmer: 0,5. Mit Pumpe: 15 16. Saugkraft des Zweigs $3{,}3 \cdot 67 = 221$ cm Hg oder fast 3 Atmosphären.

8. *Lycium barbarum*, 1jähriger Zweig, erst geklemmt, dann entgipfelt: 51 49. 12 cm lang abgeschnitten: 0,7; im Zimmer 0,8. Mit Pumpe: 10 10. Saugkraft des Zweigs $5 \cdot 67 = 335$ cm Hg oder etwa 4,5 Atmosphären.

9. *Telekia speciosa*, Blütenstengel entgipfelt, saugt mit frischer Schnittfläche: 34. Sehr scharf geklemmt: 6. Klemme lockerer: 11 11. 4,5 cm über der Klemme abgeschnitten (das ganze Stengelstück von einer Schnittfläche zur anderen 10,5 cm lang): 1; im Zimmer 0,7. Pumpe angeschlossen: 8,3 8,2 8,3; Klemme geöffnet, während die Pumpe weitersaugt: 36. Saugkraft mehr als 1 Atmosphäre, etwa 90 cm Hg.

10. *Telekia.* Blütenstengel erst geklemmt, dann entgipfelt und ins Potometer eingeführt: 24 22,5. 15 cm lang abgeschnitten, ins Zimmer gebracht, Pumpe angeschlossen: 12,5 13,5. Saugkraft etwa 130 cm Hg.

11. *Saponaria officinalis*, ein Stengel eines vielstengeligen Stockes mit frischer Schnittfläche ins Potometer eingeführt, dann geklemmt, saugt: 44 46 45 46 47 44. 9 cm lang abgeschnitten: 1,3. Im Zimmer, mit Pumpe: 35 35. Saugkraft mehr als 1 Atmosphäre.

Ergebnis: Zweige und Stengel können beträchtliche Mengen Wasser gegen die Wurzel hin saugen, wenn ihnen an der Spitze Wasser geboten wird. Tritt das Wasser durch frische Schnittflächen ein, so pflegt sich die Wasseraufnahme rasch zu vermindern, entsprechend der zunehmenden Wassersättigung des zunächst saugenden Achsenorgans, dauert aber stunden- und tagelang fort. Die Saugung kommt zum geringsten Teil durch die Transpiration der nächst benachbarten Blätter zustande, denn Entblätterung der Zweige hat keinen oder sehr geringen Einfluß auf die Größe der Saugung (Vers. 3, 5, 6). Das aufgenommene Wasser wird also in den Achsenteilen auf weite Strecken forttransportiert.

Findet die Wasseraufnahme durch unverletzte Stengelspitzen statt, also gegen einen großen peripheren Widerstand, so erfolgt am Index des Potometers, wenn der saugende Gipfel von der tragenden Pflanze abgetrennt wird, ein plötzlicher Rückstoß (Vers. 4, 5). Der Rückstoß kann sich mehrmals wiederholen, wenn das außerhalb des Potometers befindliche Zweigstück mehrmals gekürzt wird. In dem Rückstoß äußert sich, wie früher (1911, S. 236) auseinandergesetzt, eine Ausdehnung der im Potometer steckenden Teile, also hier wohl vor allem der Blätter. Die Ausdehnung ist dadurch ermöglicht, daß von der Schnittfläche her in den Gefäßen Wasser sich gegen die Blätter hin bewegt. Nebenbei bemerkt, ist auch FR. DARWIN bei seinen Studien über die Physiologie der Spaltöffnungen des öfteren auf eine Turgeszenzsteigerung in den Blättern gestoßen, die bei der Abtrennung der Blätter sich einstellt[1]). Die Wasserfäden können sich natürlich nur so weit von der Schnittfläche entfernen, als Luft ihnen zu folgen vermag, das heißt bis zur nächsten vollständigen Gefäßquerwand. So erklärt es sich, daß durch jeden neuen Schnitt neue Gefäße in den Stand gesetzt werden, ihr Wasser gegen die Blätter hin abzugeben, daß also der Rückstoß am Potometer mehrmals auftreten kann.

1) Vgl. z. B. mein Referat über DARWIN und PERTZ, in Zeitschrift für Botanik, 1912, 4, S. 142.

Der Rückstoß ist ein Anzeichen für bedeutende negative Spannung in den im Potometer steckenden Teilen. Die Größe dieser Spannungen, also der in den Zweigspitzen tätigen Saugkräfte, läßt sich dann ermitteln durch Anwendung der Luftpumpe. Dasselbe ist möglich, wenn Zweige, die durch offene Schnittflächen saugen, doppelt gekerbt oder kräftig geklemmt werden. Ohne Einführung eines solchen lokalen Widerstandes bleibt es ganz unbekannt, auf welche Strecken das Wasser mit derselben Geschwindigkeit filtriert wie an der Schnittfläche und welche Widerstände im ganzen von dem Filtrationsstrom überwunden werden. Wird dagegen z. B. so kräftig geklemmt, daß die Saugung deutlich vermindert ist, so erschöpft sich augenscheinlich die in den Leitbahnen wirksame Saugkraft in der Überwindung des lokalisierten Widerstandes. Nach dem Abschneiden des Zweiges kurz über der Klemme setzt also die Saugkraft der Luftpumpe an derselben Stelle an, wie vorher der Zug des Leitbahneninhalts, und damit werden die Saugungsgrößen, die das Potometer liefert, zum Maßstab der Saugkräfte.

Auf diese Weise gemessen, ergaben sich bis jetzt im äußersten Fall Saugkräfte von 6 Atmosphären, also negative Spannungen von 5 Atmosphären (bei *Forsythia*, Vers. 5). Auch an krautigen Pflanzen waren Saugkräfte von 1—1,5 Atmosphären ganz gewöhnlich. Der Boden war bei allen Versuchen sicher ungewöhnlich wasserreich, es ist also mit Bestimmtheit zu erwarten, daß in normalen Sommern viel höhere Saugkräfte zur Beobachtung kommen werden.

Die Saugkraft wurde immer in ganz geringer Entfernung vom Boden gemessen, bei krautigen Stengeln sogar nur wenige Dezimeter von der Wurzel entfernt. Es besteht deshalb kein Zweifel, daß die negativen Spannungen, die durch die Transpiration der Blätter entstehen, bis in die Wurzeln reichten. Für die Hebung des Wassers von der Wurzel zu den Blättern sind so bedeutende Kräfte sicher nicht nötig, die negativen Spannungen dürften also bei so niedrigen Pflanzen, wie sie zu den Versuchen verwendet wurden, in erster Linie der Wasseraufnahme aus dem Boden dienen: das Sättigungsdefizit in den oberirdischen Organen versetzt die Wurzel in einen Zustand, der ihr erlaubt, aus einem nicht sehr wasserreichen Substrat dauernd beträchtliche Wassermengen an sich zu reißen.

München, Pflanzenphysiologisches Institut, Oktober 1912.

71. A. Nestler: Ist Pastinak hautreizend?

(Eingegangen am 16. November 1912.)

Die Zahl der mir bekannt gewordenen Berichte[1]) über eine hautreizende Wirkung der *Pastinaca sativa* L. ist sehr gering. GINESTET[2]) hat beobachtet, daß *P. sativa* hautreizend wirken kann. Diese Wirkung soll die Pflanze hauptsächlich im Juni bis August haben. Im Jahre 1909 wurde ich von befreundeter Seite[3]) darauf aufmerksam gemacht, daß „nach einer Beobachtung GILDEMEISTERs in Leipzig Pastinak bei disponierten Personen Dermatitis hervorrufen kann. Für die Fabrik ätherischer Öle in Miltitz werden jedes Jahr größere Quantitäten Pastinak gesammelt; von den damit beschäftigten Personen bekamen mehrere wiederholt starke Dermatitis an den Händen, so daß sie diese Tätigkeit aufgeben mußten."

Im folgenden Jahre teilte mir Dr. HERBERICH (Gemünden, Bayern) folgende Beobachtung mit:

„Es handelt sich um ein akutes Ekzem, das (rechts in ausgedehnterem Maße wie links) die Dorsalfläche der Finger und Hände und etwa die distale Hälfte beider Arme ergriffen hatte. Es war an diesen Stellen zunächst eine Rötung und eine starke Schwellung der Haut aufgetreten; hierauf hatten sich niedrige Papeln und Quaddeln und am nächsten Tage auf der Dorsalfläche der Hände und an den Vorderarmen größere Blasen serösen Inhaltes gebildet, deren Umgebung auffallend liquid verfärbt war. Auf Umschläge mit essigsaurer Tonerde ging das Ekzem bald zurück. — Die Patientin machte mich aufmerksam, daß das Ekzem entstanden war, nachdem sie an einem heißen Sommernachmittag mit entblößten Vorderarmen eine gelbe Pflanze ausgejätet hatte, von der hierorts bekannt ist, daß sie beim Rindvieh einen starken Ausschlag am Maule hervorruft (weshalb sie eben aus den Wiesen

1) Nach JAMES C. WHITE (Dermatitis venenata. A supplemental list 1903) sind in „Boston med. and surg. journ. 28 I 1897 Angaben über die hautreizende Wirkung der *Pastinaca sativa* enthalten. Leider stand mir diese Zeitschrift nicht zur Verfügung.

2) Pharm. Journ. Bd. 77 — 1906 S. 543.

3) Prof. Dr. ZINSSER in Köln a. Rh.

vor dem Mähen ausgejätet wird). Die Patientin versicherte mir, ähnliche Ausschläge auch schon bei anderen Personen, durch dieselbe Ursache veranlaßt, gesehen zu haben. Ich selbst erinnere mich einen ganz identischen Fall vor einigen Jahren beobachtet zu haben. Die betreffende Pflanze habe ich mir zeigen lassen und als *Pastinaca sativa* bestimmt."

Diese wenigen mir bekannten Mitteilungen sind hinreichend, um die Wahrscheinlichkeit einer hautreizenden Wirkung der *Pastinaca sativa* L. wenigstens bei gewissen hierzu disponierten Personen annehmen zu können. Die endgültige Entscheidung kann natürlich nur durch einwandfreie Versuche geliefert werden.

Nun ist für unser Gebiet außer *Pastinaca sativa* L. noch eine zweite Art zu berücksichtigen, nämlich *Pastinaca opaca* Bernhardi.

Obwohl diese Art nur ein beschränktes Verbreitungsgebiet hat[1]), so mußte sie doch auch in Beziehung auf eine möglicherweise vorhandene hautreizende Substanz untersucht werden; denn sie unterscheidet sich von *Pastinaca sativa* wesentlich durch ihre Trichome, die der Sitz eines Hautgiftes sein könnten. Eine Varietät der *P. opaca* wird als *P. urens* Requien bezeichnet. Dieses „*urens*" bezieht sich jedoch nicht auf eine, etwa durch die Erfahrung bekanntgewordene hautreizende Wirkung, sondern nach GODRON[2]) auf einen sehr scharfen Geschmack; sie soll auch einen sehr unangenehmen Geruch verbreiten. Der einzige morphologische Unterschied zu *P. opaca*, mit der sie die dichte, aschgraue Behaarung gemeinsam hat, ist der stielrunde, nur gestreifte (nicht kantige) Stengel. —

Alle von mir untersuchten Individuen von *P. opaca* hatten einen stark kantigen Stengel, gehörten also nicht der Varietät *urens* an. — Da das Vorkommen dieser Varietät noch beschränkter ist als das der *P. opaca*, so spielt sie bezüglich der Frage, ob Pastinak hautreizend ist, keine Rolle. —

Ich konnte also meine Untersuchungen auf *P. sativa*, die nach allen bisher gemachten Erfahrungen in erster Linie in Betracht kommt und auf *P. opaca* beschränken.

Ich habe zunächst mit den oberirdischen Organen der beiden genannten *Pastinaca*-Arten alle möglichen Versuche an mir selbst

---

1) A. GARCKE, Illustrierte Flora von Deutschland.

2) *Pastinaca urens* Requien wurde von GODRON in der „Flora de France von GRENIER und GODRON" als neue Art aufgestellt. Sie wächst an unkultivierten Orten der südlichen Provinzen Frankreichs.

L. ČELAKOVSKY (Österr. bot. Zeitung 1873, S. 337) fand sie auf den bewaldeten, hohen Bergufern der Beraun bei Pürglitz.

vorgenommen, um zunächst eine hautreizende Wirkung überhaupt nachzuweisen. Da ich bereits durch viele früheren Untersuchungen über hautreizende Pflanzen die Überzeugung gewonnen habe, daß ich für Hautgifte sehr empfindlich bin, so kann ich wohl annehmen, daß ich für derartige Experimente im allgemeinen geeignet bin. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß ein und derselbe Mensch nicht für jedes Hautgift empfänglich zu sein braucht. — So ist z. B. erwiesen, das *Cypripedium spectabile*, deren stark hautreizende Wirkung außer allem Zweifel steht, bei gewissen Personen gar keine Wirkung hervorzubringen vermochte, so daß diese (mit Unrecht) an einer Giftwirkung dieser Pflanze überhaupt zweifelten[1]).

Die folgenden Versuche wurden in den Monaten Juli und August 1911 u. 1912 ausgeführt:

Auflegen von frischen Blättern, Stengelteilen und Früchten auf empfindliche Hautstellen der beiden Arme und Festhalten durch mehrere Stunden; energisches Einreiben mit stark behaarten Blättern und Stengeln; Versuche mit dem Safte der Blätter, Stengel und Früchte: durchwegs kein Erfolg. Blätter, Stengelteile und Früchte wurden mit Wasser, Äther, Chloroform und Alkohol extrahiert und der Rückstand nach dem Verdunsten der betreffenden Flüssigkeiten stets in größeren Mengen für Versuche verwendet, die gleichfalls ergebnislos verliefen.

Da nach den Erfahrungen mit gewissen Primeln, Cypripedien und der *Cortusa Matthioli* daran gedacht werden mußte, daß vielleicht auch bei Pastinak durch Sekretionsorgane ein Hautgift produziert wird. habe ich der Trichombildung der beiden Pastinak-Formen eine besondere Aufmerksamkeit zugewendet.

Pastinaca sativa: Trichome mehr oder weniger zahlreich an allen oberirdischen Organen, entweder schon mit unbewaffnetem Auge oder erst bei Lupenbetrachtung erkennbar: einzellig, konisch, in der Regel dickwandig, starr, mehr oder weniger spitz endigend, so daß eine mechanische Reizung der Haut durch sie wohl möglich erscheint. An dem ausgewachsenen, dicken Stengel sind diese steifen, verschieden langen, mit Cuticularknötchen bedeckten Haare in der Regel gegen die Basis der Pflanze gerichtet. (Meine Versuche bezüglich einer mechanischen Einwirkung waren, wie schon gesagt, ergebnislos: selbst ein kräftiges Einreiben mit dicken, rauhen Stengeln hatten außer einer leichten, rasch vorübergehenden Rötung keinen Erfolg.)

1) A. NESTLER, Das Sekret der Drüsenhaare der Gattung *Cypripedium* Berichte der deutsch. bot. Gesellsch. 1907 H.

Auf zwei besondere Eigentümlichkeiten dieser Trichome, namentlich der kleineren, sei noch hingewiesen.

Nach Zusatz von Schwefelsäure entstehen im Innern derselben zahlreiche Nadeln, auch deutliche prismatische Stäbe, die entweder das Lumen vollständig ausfüllen oder nur an der Spitze oder an der Basis in Büscheln auftreten. — Es sind offenbar Gipsnadeln. Auffallend ist ferner folgende Erscheinung, die meines Wissens bisher bei keinem Trichom beobachtet wurde. Nach 2—3 stündiger Einwirkung von Chloralhydrat (5 : 2) sieht man bei vielen Trichomen an Stelle der Cuticularknötchen zierliche, ringförmige, normal zur Axe des Trichoms angeordnete Cuticularleisten.

Außer diesen derberen, mit Cuticularknötchen bedeckten Trichomen findet man bei dieser Species in der Regel in untergeordneter Menge noch lange, dünnwandige, daher sehr weiche, einzellige Trichome, deren distales Ende abgerundet ist oder in eine kleine Spitze ausläuft. Mitunter findet man diese Art der Trichome in bedeutender Menge; diese Individuen sind offenbar Übergänge zu *P. opaca*. — Sehr auffallend war mir die Erscheinung, daß gerade diese Pflanzen mit zahlreichen weichen Haaren von Blattläusen bevorzugt werden. — Außer einigen Körnchen habe ich in diesen Haaren niemals einen besonderen Inhalt erkennen können. — Obwohl nichts darauf hindeutet, daß sie als Drüsenorgane funktionieren, habe ich doch auch mit diesen Pflanzen jenen Versuch ausgeführt, der in anderen Fällen, z. B. bei den hautreizenden Primeln, so erfolgreich war: Übergießen einer frischen, beblätterten Pflanze mit Äther, Filtrieren desselben und Übertragen des feinkörnigen Rückstandes auf die Haut: kein Erfolg. *Pastinaca opaca* Bernhardi[1]): Blätter und Stengel sind bekanntlich so stark behaart, daß sie wie grau bestäubt aussehen und im direkten Sonnenschein wie Samt glänzen. (An diesem Glanze ist diese Form sofort zu erkennen.) — Die Trichome sind im allgemeinen gleich den dünnwandigen Haaren von *P. sativa* einzellig, bis 0,2 mm und darüber lang (nur die in geringer Zahl vorhandenen kleinen Trichome mit Cuticularknötchen besetzt); in der Regel zugespitzt, am distalen Ende etwas verdickt; diese verdickte Spitze mitunter durch eine scharfe Spaltlinie (nicht Querwand) getrennt. Der Stengel unterhalb der Dolde und die Doldenstrahlen sind dicht besetzt mit kürzeren oder längeren, durchweg sehr dünnen Haaren, die am distalen Ende mehr oder weniger abgerundet sind; dieses

1) Schöne Exemplare dieser Art verdankte ich dem Herrn Kollegen GEISENHEYNER (Kreuznach).

Ende ist in der Regel bedeckt mit einer undeutlichen körnigen Substanz, so daß ein solches Stengelgebilde, mit der Lupe betrachtet, wie mit Köpfchenhaaren bedeckt erscheint. — Die in geringer Anzahl vorkommenden kleinen Trichome mit Cuticularknötchen zeigen nach Einwirkung von Chloralhydrat dieselbe zierliche, ringförmige Leistenbildung wie bei *P. sativa*. —

Eine mechanische Wirkung aller dieser Haare, deren Wanddicke durchschnittlich 2—2,5 μ beträgt, ist wegen ihrer weichen Beschaffenheit vollständig ausgeschlossen, ein besonderer Inhalt nicht erkennbar, daher an eine durch dieselben mögliche hautreizende Einwirkung nicht zu denken. —

Schlußbemerkungen.

Auf die Frage, ob „Pastinak" hautreizend ist, läßt sich nach den im Vorausgehenden erwähnten Beobachtungen, Experimenten und Untersuchungen folgendes sagen:

Während nach den bisher gemachten Erfahrungen, insbesondere nach den Beobachtungen von HERBICH und GILDEMEISTER es als möglich erscheinen muß, daß Pastinak wenigstens bei gewissen, hierzu disponierten Personen hautreizend wirken kann, hatten direkte und indirekte Versuche mit den oberirdischen Organen von *Pastinaca sativa* L. und der seltener vorkommenden *P. opaca* Bernhardi negative Erfolge. Irgendwelche Sekretionsorgane, namentlich Trichome, die etwa eine hautreizende Substanz ausscheiden könnten, sind nicht nachweisbar. Auch die Chemie hat bisher in den oberirdischen Organen, auch nicht im Pastinaköl eine Substanz nachgewiesen, von der man sagen könnte, daß sie, mit der Haut in Berührung gebracht, eine Dermatitis hervorrufen könnte[1]).

Wenn man bedenkt, daß *P. sativa*, die hier wesentlich in Betracht kommt, sehr verbreitet ist, daher gewiß oft mit Menschen (und auch mit weidenden Tieren) in Berührung kommt, so muß es auffallen, daß die bisher bekannten Fälle von Hauterkrankungen nach Berührung mit dieser Pflanze sehr selten sind. Es wäre daher möglich, daß diese beobachteten Hauterkrankungen nichts mit der Pflanze selbst zu tun haben, sondern auf gewisse Tiere zurückzuführen sind, die vielleicht mitunter auf Pastinak vorkommen. — Man wird dabei an die bekannte hautreizende Wirkung gewisser Laufmilben[2]) und Raupen denken. „Es sind zahlreiche

1) C. WEHMER, Die Pflanzenstoffe 1911, S. 560.
2) KOBERT, Lehrbuch der Intoxikationen S. 461.

Fälle bekannt, in denen Tetranychiden oder wahrscheinlich ihre Larven auf Menschen übergegangen sind und ebenso, wie die Herbstgrasmilbe — Leptus autumnalis —, die Larve von Trombidium fuliginosum eigentümliche Hautentzündungen hervorgerufen haben[1])." Man wird daher erst dann der „Pastinak" eine hautreizende Wirkung zuschreiben können, wenn diese Eigenschaft durch direkte, einwandfreie Versuche nachgewiesen sein wird. —

Prag, am 13. November 1912.

---

72. H. C. Schellenberg: Über die Schädigung der Weinrebe durch Valsa Vitis (Schweinitz) Fuckel.

(Mit Tafel XVI.)

(Eingegangen am 18. November 1912.)

Im Jahre 1831 wurde von SCHWEINITZ (S. 39) auf dem Holz der Weinrebe in Niederschlesien eine *Sphaeria Vitis* angegeben. Später hat FUCKEL den gleichen Pilz wiedergefunden und ihn herausgegeben in seinen Fungi rhenani Nr. 607. Als Conidienform, die zu der beschriebenen *Valsa*-Form gehört, nennt FUCKEL *Cytospora Vitis* Montagne, die von ihm neben der Ascosporenform aufgefunden wurde und als *Valsa Vitis* (Schweinitz) Fuckel zu bezeichnen ist. Von FUCKEL stammt dann weiter die erste gute Beschreibung des Pilzes in seinen Symbolae Mycologicae S. 199.

Die Ascosporenform des Pilzes scheint später seltener gefunden worden zu sein als die zugehörige *Cytospora*-Form. Wenigstens machen WINTER S. 713, SCHROETER S. 409 und auch LINDAU ähnliche Bemerkungen.

Über die Beziehungen der *Valsa Vitis* Fuck. zu bestimmten Krankheiten der Weinrebe liegen keine bestimmten Angaben vor. Die Handbücher der Pflanzenpathologie nennen den Pilz nicht; wie jene von V. TUBEUF, SORAUER-LINDAU, PRILLEUX, DELACROIX. Auch die Handbücher über die Krankheiten der Weinrebe kennen *Valsa Vitis* Fuck. nicht, so P. VIALA, Les maladies de la vigne und BABO-MACH, Handbuch des Weinbaues.

1) P. SORAUER, Handbuch der Pflanzenkrankheiten. 1907, III. Bd. S 88.

Einzig SCHROETER S. 409 macht zu *Valsa Vitis* Fuckel folgende Bemerkung „Auf abgestorbenen Stöcken von *Vitis vinifera*, weit verbreitet, jedenfalls das Absterben der Stöcke veranlassend."

Denselben Eindruck hatte ich, als ich im Frühjahr 1911 in einem kleinen verlassenen Rebberg diesen Pilz massenhaft auf ein- und mehrjährigem Holz der Weinstöcke vorfand. Es war mir indessen keine so gefährliche Krankheit des Weinstockes bekannt, zu der die *Valsa Vitis* Fuck. in Beziehung gebracht werden konnte. Im Verlauf der Untersuchung hat sich mein Urteil wesentlich geändert, indessen führte mich das Studium der Parasitismus von *Valsa Vitis* Fuck. zu anderen Ergebnissen und zu Beziehungen zu andern Rebenkrankheiten, als ich anfänglich erwartet habe.

An den erkrankten Rebstöcken konnte ich neben der *Valsa Vitis* Fuck. einen intensiven Befall von *Plasmopara viticola* und das Auftreten des punktförmigen Schwarzbrenners feststellen. Bei der näheren Untersuchung junger Zweige fiel mir auf, daß einzelne *Cytospora*-Gehäuse direkt unter den schwarzen Punkten des Schwarzbrenners angelegt wurden. Es lag darum die Vermutung nahe, daß irgendein Zusammenhang zwischen dem punktförmigen Schwarzbrenner und der *Valsa Vitis* Fuck. bestehe.

In der Weinbauliteratur unterscheidet man zwei Formen des Schwarzbrenners. Der gewöhnliche oder fleckenbildende Schwarzbrenner (Antracnose maculée) ist in seinen Ursachen durch die Untersuchung DE BARYs bekannt und der Pilz *Gloeosporium ampelophagum* (Pass.) Sacc. = *Sphaceloma ampelinum* de By ist seither von einer Reihe von Autoren näher untersucht worden.

Anders ist die Sache mit dem punktförmigen Schwarzbrenner (Antracnose ponctuée). P. VIALA macht darüber die Bemerkung „encore totalement inconnue dans leur cause". Im Gegensatz dazu halten DELACROIX und MAUBLANC S. 23 den punktförmigen Schwarzbrenner durch ein Bakterium verursacht, das den Mal nero und die Gommose bacillaire der Weinrebe erzeuge.

In der Frage der Beziehung der *Valsa Vitis* Fuck. zum punktförmigen Schwarzbrenner konnten nur Infektionsversuche weiteren Aufschluß geben. Im Frühjahr 1911, nachdem die Triebe der Weinrebe eine Länge von 30—40 cm erreicht hatten, begann ich mit meinen Infektionsversuchen am 12. Mai. Ich benutzte dazu frisch gesammeltes *Cytospora*-Material. Die Sporen wurden auf Blätter und junge Triebe aufgebracht und die infizierten Organe durch dichte Papiersäcke isoliert und zugleich feucht gehalten. Bereits nach fünf Tagen waren die ersten Punkte

von dunkel gelbbrauner Farbe sichtbar. Im Verlauf der folgenden Tage traten eine Menge weiterer Punkte auf. Diese wurden immer deutlicher und bekommen nach weiteren vierzehn Tagen an den Trieben die typische schwarzbraune Färbung des punktförmigen Schwarzbrenners. Die Punkte vergrößerten sich im Verlauf des Sommers nicht weiter; sie bekamen später nur etwas mehr Glanz. An den Blättern waren die kleinen Flecken besonders auf der Unterseite der Blattnerven deutlich hervorgetreten und im Verhalten denen der Zweige durchaus ähnlich. Im Blattparenchym bleiben die Flecken kleiner und erhalten mehr runde Gestalt; sie sind anfänglich von einem kleinen hellgelblichen Hof umgeben, der aber in späteren Stadien wieder verschwindet.

Im Verlaufe des Frühjahrs 1912 habe ich meine Experimente mehrfach mit dem gleichen Erfolge wiederholt, wenn dafür gesorgt wurde, daß die infizierten Organe einige Tage nach der Infektion genügend feucht gehalten wurden. Wahrscheinlich dienen die Spaltöffnungen als Eintrittspforten.

Ich habe Infektionsversuche mit Blattober- und unterseite ausgeführt. Bei Infektionsversuchen auf der Blattoberseite traten immer nur vereinzelte Erfolge ein; jedenfalls viel weniger als wenn das Sporenmaterial auf die Blattunterseite verbracht wurde. An jungen Trieben war der Erfolg der Infektionsversuche immer ein guter. Die Pünktchen entwickelten sich in Reihen, die den Parenchympartien zwischen den Bastgruppen entsprechen. Auch an Ranken und Blattstielen treten die Infektionen auf, dagegen konnte ich Beeren nicht infizieren.

Das Schicksal der Infektionen vom Jahre 1911 konnte ich erst diesen Sommer weiterverfolgen. Die infizierten Triebe wurden im Winter geschnitten, an einem geschützten feuchten Orte aufbewahrt und von Zeit zu Zeit kontrolliert. Ende Juni konnte ich die ersten *Cytospora*-Gehäuse auffinden. Diese vermehrten sich bis zum Herbste stark. Ihre Bildung war an die alten Schwarzbrennerpünktchen gebunden.

Damit ist der Nachweis erbracht, daß *Cytospora Vitis* (Montagne) lebende Triebe der Weinrebe zu infizieren vermag und dort die Erscheinungen des punktförmigen Schwarzbrenners verursacht, aber erst auf dem abgestorbenen Holz wieder zur Bildung neuer Fruchtkörper schreitet. Jeder Punkt des Schwarzbrenners entspricht einer Infektionsstelle der *Cytospora Vitis*. Der Pilz braucht von der Infektion bis zur Bildung neuer *Cytospora*-Gehäuse beinahe ein volles Jahr.

Die kleinen schwarzen Punkte bleiben in ihrer Ausdehnung begrenzt; sie vergrößern sich nur in der ersten Zeit nach der Infektion. Im Blattparenchym bleiben sie klein und rundlich und erreichen eine Größe von 0,2—0,3 mm im Mittel. An Zweigen erhalten sie eine mehr ovale Gestalt und werden auch etwas größer bis 0,5 mm Durchmesser. Auch können mehrere solcher Flecken gelegentlich zusammenfließen. In anatomischer Beziehung sind diese kleinen punktförmigen Verdickungen der Rinde von L. MANGIN auf Veranlassung von P. VIALA S. 232 näher untersucht worden. Die kleinen verdickten Punkte bleiben auf das äußere Rindenparenchym beschränkt und erreichen die Bastbündel nicht. Unter der Epidermis haben sich die Parenchymzellen schwach vermehrt, und die ganze Galle gleicht einer Lentizelle. Aber in den braun bis dunkel gefärbten Parenchymzellen hat sich die Wandung stark verdickt (Fig. 3). Nach L. MANGIN bestehen diese dunkel gefärbten Wandverdickungen aus Callose. Unter diesen verdickten Zellen entstehen tangential verlaufende Korkwände, die diese schwarzen Punkte abgrenzen. Mit dem Alter verlieren diese Punkte ihren Glanz und werden grauweiß, indem die Epidermis an diesen Stellen abgestoßen wird (Fig. 3).

In den Blättern werden die mit unbewaffnetem Auge eben noch erkennbaren Punkte abgegrenzt und vergrößern sich nicht weiter. Der helle Hof, der anfänglich um die Infektionsstelle sich findet, verschwindet später wieder.

Die Infektionen an Blattstielen und Blättern fallen mit diesen Organen im Herbst ab und sind darum nicht näher zu verfolgen.

Am einjährigen Holz verhalten sich die Infektionen etwas verschieden. Bekanntlich grenzt die Weinrebe Bast und Siebteile mehrfach während einer Vegetationsperiode ab, und diese Teile fasern das nächste Jahr weg. An kräftigen Sprossen werden durch diesen Prozeß die Schwarzbrennerflecken mit der Rinde abgeworfen. Eine weitere Entwicklung des Pilzes auf den Sprossen wird dadurch verhütet.

Anders verhält sich die Sache an schwachen Trieben und besonders bei Infektionen, die im Herbst an nicht oder schlecht gereiftem Holz eintreten. Hier werden die schwarzen Punkte, die von der Infektion der *Valsa* herrühren entweder nicht mehr oder viel langsamer durch Korkwände abgegrenzt, wie man sich leicht an Schnitten überzeugen kann. Dadurch ist aber dem Myzel der *Valsa* die Möglichkeit geboten, in die tieferen Schichten der Rinde vorzudringen und dort sich weiter zu entwickeln. Daraus erklärt es sich auch ohne weiteres, daß man die Fruchtgehäuse der

Valsa vorzugsweise an Holz der Triebspitzen oder wenig ausgereiftem Holze vorfindet.

Ist das Myzel durch die grüne Rinde hindurchgedrungen, so entstehen in der Cambialzone braunschwarze Streifen, wo auch die Pilzfäden nachgewiesen werden können. In diesem Zustand findet die Überwinterung in unserem Klima statt.

Wenn im Frühjahr dann der neue Trieb in das kranke Rebschoß kommt, so verbreitet sich das Myzel weiter, und es können von den Infektionsstellen aus auch nahe gelegene gesunde Knospen zum Absterben gebracht werden. Diese Erscheinung konnte ich beobachten, nachdem bereits die Knospen in die Schwellungsperiode gekommen waren. Ein Teil jener Knospen, von denen man gewöhnlich annimmt, daß sie durch Kältewirkungen vernichtet werden und nicht austreiben, dürfte somit durch *Valsa Vitis* zerstört worden sein, sofern es sich um nicht geschnittene jüngere Triebe handelt.

Auf lebenden Trieben kommt der Pilz nicht zur Fruchtkörperbildung. Die Entwicklung der Conidienfruktifikation erfolgt stets am toten Holz und zwar konnte ich die schönste und rascheste Entwicklung auf den abgefallenen oder abgeschnittenen Zweigen am Boden beobachten. Die Feuchtigkeit des Bodens scheint in der Entwicklung des Pilzes eine bedeutende Rolle zu spielen. Auch an nicht geschnittenen Rebstöcken, die mir zur Beobachtung standen, kommen die Fruchtkörper viel weniger an den emporragenden Zweigen zur Entwicklung, als wenn die Zweige am Boden längere Zeit liegen würden. Man findet darum die Fruktifikationen des Pilzes nur selten an Rebstöcken, dagegen recht oft an den am Boden herumliegenden Zweigen.

Entsprechend der Myzelentwickelung im Cambium und Siebteile findet die Anlage der Fruchtgehäuse unmittelbar über dem Holzkörper statt. Das sich entwickelnde *Cytospora*-Gehäuse hebt die Rinde empor und durchbricht sie mit der Mündung (Fig. 1). Hier und da springt die Rinde ab, so daß die Gehäuse dann freiliegen (Fig. 2). Entsprechend der streifenförmigen Zerstörung des Cambiums werden auch die *Cytospora*-Gehäuse in Reihen angelegt; oft verschmelzen deren mehrere miteinander. Ihre Mündungen zeigen einen kleinen weißen Ring, der sie scharf charakterisiert. Das *Cytospora*-Gehäuse ist stets vielkammerig kohlig mit fest abgegrenzter Wandung (Fig. 4). Die Conidien werden auf dünnen Sterigmen, die eine mittlere Länge von 15—18 μ erreichen, gebildet (Fig. 6). Die Conidien selbst sind farblos cylindrisch schwach gebogen und messen 3,5—4—5 μ in der Länge auf 1—1,5 μ in der Breite (Fig. 7). Sie treten in gelblichen Schleim-

ranken aus der Mündung hervor. Die Conidien werden vom Frühjahr bis in den Herbst ausgestreut, und man findet reife *Cytospora*-gehäuse fast den ganzen Sommer hindurch, sofern die Feuchtigkeit ihre Entwickelung begünstigt. Dementsprechend kann man auch Schwarzbrennerinfektionen in feuchten Jahren den ganzen Sommer hindurch beobachten. Sie treten im Frühjahr zeitiger als die *Plasmopara* auf und sind im Sommer, sobald feuchtkühle Witterung eintritt, wieder zu sehen. Die jüngeren Triebe und Blätter werden stets stärker infiziert als ältere Partien.

Die Ascosporengehäuse oder Perithecien entstehen aus einem kohlig schwarzen elliptischen Stroma. Sie sind wie die *Cytospora*-gehäuse meist in Reihen angeordnet und können auch mit einander verschmelzen. Sie ragen warzenförmig zwischen den alten Bastschichten hervor. Die Mündungen der einzelnen Perithecien stehen dicht gedrängt in einer kleinen Scheibe vereinigt und überragen diese mit einem kurzen cylindrischen Schnabel (Fig. 8). Die Fruchtkörper sind in der Zahl von 8—14 je in einem Stroma vereinigt, sie stehen dicht gedrängt in einer Schicht gelagert. Die Asci sind keulenförmig kurz gestielt und reißen bei der Präparation leicht von der Wand los. Sie messen 30—34 μ in der Länge auf 4—6 μ in der Breite.

Die Sporen sind stets in der Zahl von acht im Ascus und cylindrischer, schwach gebogen, farblos. Ihre Dimensionen sind 8—11 auf 2—2,5 n. Wenn man die von NITSCHKE vorgeschlagene Gruppierung der Gattung *Valsa* acceptiert, so ist *Valsa Vitis* Fuck. somit unter *Euvalsa* zu stellen und in die Monostichae einzureihen.

Nach der Literatur zu schließen, wäre *Valsa Vitis* Fuck. und auch dessen Conidienform ein nicht besonders häufiger Pilz. Die Krankheit, die sie hingegen erzeugt, der punktförmige Schwarzbrenner, ist mit eine der häufigsten Erscheinungen, die man in den Rebgebieten Westeuropas antrifft. Ich fragte mich, ob denn der Pilz wirklich so selten, oder ob er bisher nur übersehen worden sei. Bis heute habe ich ihn in fast allen Rebgebieten, wo mir Gelegenheit zur Untersuchung geboten war, vorgefunden. So an einer Reihe von Punkten der Nord-Ost-Schweiz, ferner in der Umgebung von Basel, im Kanton Waadt und Genf. Auch in Südfrankreich in der Umgebung von Montpellier konnte ich den Pilz vorfinden. So habe ich die Überzeugung gewonnen, daß derselbe sich überall vorfindet, wo man den Punktbrenner des Weinstockes kennt. Am leichtesten findet man den Pilz auf den abgefallenen kleinen Triebspitzen in der Erde. Die Ascosporenform dürfte deshalb seltener gefunden und auch gebildet werden, weil

wohl mehrere Generationen Conidien sich ausbilden können, bevor der Pilz Perithecien erzeugt. Es ist aber tatsächlich ein häufiger Pilz, der bisher nur wenig beachtet wurde.

Unter unsern Rebsorten infiziert er am stärksten die Elblinge und die Burgunder oder Klevner. Auch die anderen Sorten werden nicht verschont; ich kenne unter den *V. vinifera*-Formen keine, die nicht von ihm befallen würden.

Die stärkste Entwickelung zeigt die Krankheit in naßkalten Jahrgängen. Das Jahr 1912 war für ihre Entwickelung außerordentlich günstig, und in solchen Jahrgängen stiftet der Pilz auch namhaften Schaden. Besonders die jungen Blätter wie Zweige werden bei reichlichem Befall in der Entwickelung empfindlich gehemmt. Die Blätter bleiben etwas kleiner und breiten sich nicht flach aus, sondern bleiben schwach kraus. Der stark befallene Trieb bleibt erheblich im Wachstum zurück.

Nach VIALA sollen einzelne Amerikaner-Rebsorten stärker von der „Antracnose ponctuée" befallen werden als die europäischen Rebsorten. Ich habe auf *Vitis Riparia* und *rupestris*-Formen denn auch die Conidienfrüchte von *Valsa Vitis* auffinden können, doch fehlt mir zurzeit genügend Beobachtungsmaterial, um diese Frage zu beantworten. In die Verwandtschaft des Punktbrenners stellt dann VIALA die „Antracnose déformante", die ähnliche Punkte wie der Punktbrenner auf dem Holz erzeugt, gleichzeitig aber stark verkürzte Zweige und krause Blätter hervorbringt. Sie ist nur auf einzelnen Züchtungen amerikanischer Reben bekannt geworden. Sie dürfte vielleicht ebenfalls durch eine *Valsa* erzeugt werden, doch bedarf die ganze Frage des punktförmigen Schwarzbrenners noch vieler weiterer Untersuchungen.

Durch die vorliegenden Zeilen dürfte der sichere Nachweis erbracht sein, daß die Infektionen von *Valsa Vitis* Fuckel den punktförmigen Schwarzbrenner verursachen. Die Vermutung von DELACROIX, daß der Punktbrenner durch Bakterien verursacht sei, halte ich für unrichtig. Einmal liegen für diese Angabe keine Infektionsversuche vor. Andererseits aber wird man in den Punkten des Schwarzbrenners besonders in älteren Stadien immer Bakterien vorfinden, denn die schützende Epidermis ist nicht nur abgestorben, sondern gerissen oder gar abgestoßen. Den Bakterien ist alsdann der Zutritt frei, und es können einzelne Bakterien unter den Bedingungen, die in der kleinen Pilzgalle existieren, sich auch weiter entwickeln. Das sind aber sekundäre Befunde, die mit der primären Infektion, durch die *Valsa Vitis* Fuckel nichts zu tun haben.

Anders ist hingegen die Frage, ob der Punktbrenner in jedem Falle durch *Valsa Vitis* Fuck. hervorgerufen werde. Neben dieser Art ist auf der Weinrebe in Europa *Valsa ampelina* Nitschke bekannt geworden, die zu der *Cytospora ampelina* Sacc. als Conidienform gehören dürfte.

Bis heute habe ich diese Form in den Weinbergen nicht finden können; ich zweifle aber nicht daran, daß sie ähnliche Krankheitsbilder verursacht wie *Valsa Vitis* Fuck. und vielleicht in einzelnen Gebieten diese vertritt. Sie ist hingegen leicht und sicher zu unterscheiden, indem sie zur Untersektion *Cryptovalsa* gehört und ihre Asci somit zahlreiche Sporen aufweisen.

Auch in Amerika sind Vertreter der Gattung *Valsa* auf wilden Reben bekanntgeworden. So *Valsa* (Eutypa) *viticola* Schw. Sacc. auf *Vitis vulpina*, und bei weiterer Untersuchung dürften auch noch einige weitere Spezies entdeckt werden. Alle diese Formen dürften einen ähnlichen Entwickelungsgang wie *Valsa Vitis* Fuckel aufweisen. Es fragt sich nur, ob ihnen vom Standpunkt der Pflanzenpathologie die gleiche Bedeutung zukommt.

Seitdem in Europa zur Gewinnung von reblaussicheren Unterlagen zahlreiche Kreuzungen amerikanischer Reben gezogen werden, ist auch bekannt, daß in regenreichen Jahren auf vielen dieser Züchtungen der Punktbrenner stark auftritt. Ja aus einzelnen Pflanzschulen sind sogar namhafte Schäden angegeben worden. Ich habe, soweit mir Gelegenheit geboten war, auch diese Frage geprüft und konnte konstatieren, daß *Valsa Vitis* Fuck. auf verschiedenen Amerikanern (*Riparia*- und *Rupestris*-Formen) auftritt. Diese Frage bedarf noch der weiteren Untersuchung; indessen zweifle ich nicht daran, daß die in Europa sicher ursprünglich einheimische *Valsa Vitis* Fuck. auf die neuen Züchtungen übertritt und dort wenigstens bei einzelnen Sorten größere Schäden noch verursacht als auf *Vitis-vinifera*-Formen.

Literaturverzeichnis.

Babo und Mach, Handbuch des Weinbaues und der Kellerwirtschaft, III. Aufl., Bd. I, 1910.

A. de Bary, Über den sog. Brenner der Reben, Bot. Zeitung 1874.

Delacroix et Maublanc, Maladies des plantes cultivées, Paris 1909.

Fuckel, Symbolae Mycologicae, I, Wiesbaden 1869.

Lindau in Sorauers Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Bd. II, Die pflanzlichen Parasiten 1908.

J. Schroeter, Kryptogamenflora von Schlesien, 1897.

Schweinitz, Synopsis Fungorum Carolingense, 1831.

P. Viala, Les maladies de la vigne, II. Aufl., Paris 1893.

Erklärung der Tafel XVI.

Fig. 1. Zweig der Weinrebe mit *Cytospora*-Gehäusen, die zwischen den Bastlagern hervorbrechen. Nat. Größe.
Fig. 2. *Cytospora*-Gehäuse nach Entfernung der Bastlager. Nat. Größe.
Fig. 3. Querschnitt durch einen Punkt des punktförmigen Schwarzbrenners. Vergr. 200.
Fig. 4. Querschnitt durch das *Cytospora*-Gehäuse der *Valsa Vitis*. Vergr. 25.
Fig. 5. Flächenansicht des *Cytospora*-Gehäuses mit Mündungspapille. Vergr. 8.
Fig. 6. Sterigmen des *Cytospora*-Gehäuses. Vergr. 800.
Fig. 7. Einzelne Conidien. Vergr. 800.
Fig. 8. Perithecienlager von *Valsa Vitis*. Querschnitt. Vergr. 25.
Fig. 9. Perithecienlager von der Fläche gesehen. Vergr. 8.
Fig. 10. Einzelne reife Asci. Vergr. 800.
Fig. 11. Reife Ascosporen. Vergr. 800.

73. Friedrich Hildebrand: Uber einen Bastardapfel und eine Bastardbirne.

(Mit Tafel XVII.)

(Eingegangen am 20. November 1912.)

Schon im Jahre 1868 besprach ich in der botanischen Zeitung auf S. 327 einen Apfel, der dort auf Taf. VI abgebildet wurde, welcher aller Wahrscheinlichkeit nach dadurch entstanden war, daß die Blüte eines Gravensteiner Apfelbaums — dort Herbst, calvill genannt — mit dem Pollen einer Blüte des daneben stehenden roten Calvillebaumes durch Insekten bestäubt worden war, was dadurch angedeutet wurde, daß dieser Apfel einen breiten, roten Streifen hatte, unter welchem im Fleisch sich die für den roten Calville charakteristischen, rot gefärbten Gefäßbündel fanden. Da nun derartige Fälle von dem direkten Einfluß fremdartigen Pollens auf die durch diesen eingeleitete Fruchtbildung nicht sehr häufig besprochen worden sind, so mag es entschuldigt werden, wenn ich in dem Folgendem einen in diesem Jahre in meinem Garten erschienenen Bastardapfel beschreibe und die Beschreibung einer schon vor vielen Jahren beobachteten Bastardbirne hinzufüge.

In meinem Garten hier in Freiburg steht ein Kaiser-Alexander-Apfelbaum, zwischen dessen Ästen die Zweige eines Gravensteiner Apfelbaums sich eingedrängt haben. An diesem Kaiser-Alexander-Apfelbaum fand ich nun in diesem Herbst einen Apfel, welcher

aller Wahrscheinlichkeit nach durch die Bestäubung einer Blüte dieses Baumes mit dem Pollen einer Blüte des Gravensteiner Apfelbaumes entstand und auf Taf. XVII in Figur 1 dargestellt ist. Die Abbildung der Früchte der beiden Eltern erschien überflüssig, da diese beiden Apfelsorten ja wohl allgemein bekannt sind, jedoch wird eine kurze Beschreibung derselben wegen des Vergleiches mit der Bastardfrucht nötig sein. Die Kaiser-Alexander-Äpfel sind mehr oder weniger kugelig, eher etwas plattgedrückt, als länglich; sie haben nie Andeutungen von Rippen und besitzen eine grünlichgelbe Oberfläche, wobei sie meist rote Backen haben, aber niemals rote Streifen, welche sich von der gelblichgrünen Oberfläche mehr oder weniger scharf abheben. Die Gravensteiner Äpfel haben hingegen eine mehr oder weniger längliche Gestalt und zeigen dabei in vielen Fällen, wenn auch nicht immer, rippenartige Vorragungen, welche von der Einsenkung am Gipfel ausgehen, die hier nicht so stark wie bei den Kaiser-Alexander-Äpfeln ist. Die Oberfläche ist zur Reifezeit der Gravensteiner bei ihnen goldgelb und hat meistenteils, an einer Seite der Frucht oder ringsum mehr oder weniger scharf ausgeprägt, leuchtend rote Längsstreifen; in manchen Fällen sind diese roten Streifen mehr oder weniger zu roten Backen zusammengeflossen, in anderen Fällen fehlen sie fast ganz. Der Duft ist bei dem Kaiser-Alexander-Apfel ein sehr schwacher und wenig anziehender, während er beim Gravensteiner Apfel als sehr stark, und sehr angenehm bekannt ist, so daß durch diese Eigenschaft die echten Gravensteiner sich leicht von den fälschlich unter diesem Namen auf den Markt gebrachten Äpfeln unterscheiden lassen. Diesem angenehmen starken Duft der Gravensteiner entsprechend ist auch deren Fleisch im Vergleich zu dem Kaiser-Alexander-Apfel das bedeutend wohlschmeckendere, von welchem es sich auch durch große Saftigkeit auszeichnet; außerdem ist es hier gelblich gefärbt, was beim Kaiser-Alexander-Apfel nicht der Fall ist.

Der in Rede stehende an dem Kaiser-Alexander-Apfelbaum gewachsene Apfel zeigt nun, wie die Fig. 1 der Taf. XVII (auch wenn sie nicht koloriert gegeben werden konnte) leicht wird erkennen lassen, in sehr auffallender Weise eine große Ähnlichkeit mit einem Gravensteiner Apfel, welche so groß ist, daß man meinen sollte, die Frucht sei nicht an einem Kaiser-Alexander-Apfelbaum, sondern an einem Gravensteiner Apfelbaum gewachsen. Derselbe hatte eine schwach längliche Gestalt und eine Anlage zur Rippenbildung an seinem Gipfel, dessen sogenannte Blume lange nicht so eingesenkt lag wie bei einem Kaiser-Alexander-Apfel. Haupt-

sächlich bemerkenswert war aber die Farbe dieser Frucht. Dieselbe war schön zitronengelb wie bei dem echten Gravensteiner Apfel und hatte auf der einen Seite dunkelrote, in der Fig. A durch dunkle Stellen angedeutete Längsstreifen, welche nach Basis der Frucht zu an Breite zunahmen. Der Duft glich ganz dem eines Gravensteiner Apfels, ebenso war auch das Fruchtfleisch so wohlschmeckend und saftig, wie bei diesem und gar nicht mit dem nur geringen Wohlgeschmack und der mehr trockenen Beschaffenheit des Fruchtfleisches eines Kaiser-Alexander-Apfels zu vergleichen. Auch dadurch war diese Frucht einem Gravensteiner Apfel sehr ähnlich, daß ihr Gehäuse weitere Kammern hatte, als das eines Kaiser-Alexander-Apfels. Ferner war auch die Bestielung der Frucht eine sehr kurze, gerade so wie bei einem Gravensteiner Apfel, während die Kaiser-Alexander-Äpfel ziemlich langgestielt sind. Endlich zeigte auch die Reifezeit der in Rede stehenden Frucht ihre teilweise Abstammung vom Gravensteiner an; diese Reifezeit trat nämlich bedeutend später ein, als bei den anderen in diesem Herbst an demselben Kaiser-Alexander-Apfelbaum gewachsenen Früchten. Diese spätere Reifezeit war es denn auch, welche bewirkte, daß der Apfel unter den auf Lager befindlichen Kaiser-Alexander-Äpfeln bis zuletzt beim Verbrauch übrigblieb, so daß dies dazu führte, daß ich auf ihn aufmerksam wurde. Eine Verwechselung mit einem an dem benachbarten Gravensteiner Apfelbaum gewachsenen Apfel konnte nicht vorliegen, da an demselben in diesem Jahre die Früchte wegen der großen Nässe sich ganz schlecht ausbildeten, und eher abfielen, als die des Kaiser-Alexander-Apfelbaums, welche zu normaler Ausbildung gelangten, abgenommen wurden.

Nach allem ist ersichtlich, daß die vorliegende Frucht eine sehr bemerkenswerte Abweichung von den sonstigen Kaiser-Alexander-Äpfeln zeigt, und daß ihre Eigenschaften derartige sind, daß man es kaum bezweifeln kann, daß dieser Apfel dadurch entstanden sei, daß eine Blüte des Kaiser-Alexander-Apfelbaums mit dem Pollen einer Blüte des benachbart stehenden Gravensteiner Apfelbaums bestäubt wurde.

An diesen Bericht möchte ich kurz den über eine Birne schließen, welche ich schon vor vielen Jahren in meinem elterlichen Garten in Köslin beobachtete und damals abbilden ließ. Dieselbe ist auf Taf. XVII Fig. 4 dargestellt: Die Früchte eines der Eltern dieser Birne, nämlich die Schmalzbirnen, Taf. XVII Fig. 2, sind ja wohl allgemein bekannt, aber von des anderen Elter, einer Bergamottensorte, Taf. XVII Fig. 3, kann ich den Namen nicht angeben;

es schien daher geboten, eine Abbildung der beiden Eltern außer derjenigen der Bastardbirne, Taf. XVII Fig. 4, zu geben, welche sich an einem Schmalzbirnenbaum fand, der dicht neben einem Baum der betreffenden Bergamottensorte stand. Die Schmalzbirnen, Fig. 2, haben bekanntlich eine längliche Gestalt und zeigen nach ihrem Stiele zu eine plötzliche Verkleinerung ihres Umfanges, während die Früchte der in Rede stehenden Bergamottensorte, Fig. 3, nicht länglich, sondern kuglig waren, und nach ihrer Basis zu allmählich im Durchmesser abnahmen, sich also von den Schmalzbirnen in der Gestalt sehr unterschieden. Die in Rede stehende Bastardbirne, Fig. 4, zeigte nun in ihrer Gestalt ein Mittelding zwischen den Schmalzbirnen und denen der Bergamottensorte. Sie war länglicher als die Bergamotten, aber bedeutend kürzer als die Früchte des Schmalzbirnenbaumes, an dem sie sich fand, und nahm nach ihrem Stiele zu in ähnlicher Weise, wie die Schmalzbirnen im Umfange, ab, wenn auch nicht in so starkem Maße. Hätte diese Birne an dem Bergamottbirnenbaum gesessen, so würde man sie kaum vor den übrigen Früchten als besonders hervortretend bemerkt haben, da sie aber an dem Schmalzbirnbaum saß, so fiel sie sogleich auf. Leider unterließ ich es zu jener Zeit, diese Birne in bezug auf Reifzeit und Geschmack zu untersuchen, ihre Gestalt aber dürfte die Vermutung berechtigen, daß dieselbe ihren Ursprung der Bestäubung einer Blüte des Schmalzbirnenbaumes mit dem Pollen einer Blüte des benachbart stehenden Bergamottbirnenbaumes verdankte.

Erklärung der Tafel XVII.

Fig. 1. Ein an einem Kaiser-Alexander-Apfelbaum gewachsener Apfel.
Fig. 2. Eine Schmalzbirne.
Fig. 3. Eine Bergamottbirne.
Fig. 4. Eine an einem Schmalzbirnenbaum gewachsene Birne.

74. Hugo Fischer: Zur Frage der Kohlensäureernährung der Pflanzen.

(Eingegangen am 21. November 1912.)

Nachstehende Zeilen sollen eine Antwort sein auf die Besprechung, welche A. HANSEN in der Naturwiss. Rundschau, 27. Jahrg., 43. H., S. 547, meiner in der Gartenflora 1912, 14. H., erschienenen Arbeit „Pflanzenernährung mittels Kohlensäure" gewidmet hat.

Vorausschicken will ich, daß ich mich durch diese Kritik in keiner Weise verletzt fühle, vielmehr von der Unvollkommenheit des bisher Erreichten selbst überzeugt bin und mich über jeden freue, der dieser so überaus wichtigen Frage Interesse entgegenbringt.

Daß ich mich mit diesen Dingen, wenigstens in Gedanken, beschäftige, geht auf die Zeit von 1892—1895 zurück, wo ich Assistent in Tübingen war und dort VÖCHTINGs Arbeiten über die Beziehung zwischen Licht und Blütenbildung zu sehen Gelegenheit hatte. Was jetzt meinerseits, allerdings recht unvollkommen und verbesserungsbedürftig, das Licht der Welt erblickt hat, ist alles, was ich in der langen Zwischenzeit zu der Frage habe arbeiten dürfen. Mit letzterem Wort will ich allerdings nicht bestreiten, daß mir die Errichtung und Unterhaltung eines eigenen botanischen Laboratoriums auf eigene Kosten wohl nicht verboten worden wäre.

In den „sieben mageren Jahren", die ich in Bonn verlebt, habe ich wenigstens den einen sehr wesentlichen Nachweis liefern können, daß der gleiche Rückgang der Blütenbildung, Abfallen der schon vorhandenen Knospen usw., der von verdunkelten Pflanzen bereits bekannt war, sich in der gleichen Weise vollzieht, wenn die Versuchspflanze zwar im Licht, aber in kohlensäurefreiem Raum gehalten wird, daß also die Blütenbildung nicht einfach vom Licht, sondern von der Assimilation abhängig ist.

Was nun die jetzt von mir empfohlene Methodik betrifft, so bitte ich zu berücksichtigen, daß sich meine Veröffentlichung vorwiegend an die Gärtner wendet. Darum habe ich zunächst (keineswegs für immer) von einer Anwendung im Freien abge-

sehen, weil mir in dieser Richtung keine Erfahrungen zu Gebote standen, und ich auf der Hut sein mußte, ein Verfahren zu empfehlen, das vielleicht mehr kosten würde als es einbringt; denn im Freien muß notwendig ziemlich viel Kohlensäure verloren gehen. Daß grüne Blätter mit großer „Gier" die Kohlensäure der Luft an sich reißen, ist auch mir bekannt; es würde von der jeweiligen Geschwindigkeit der herrschenden Luftbewegung abhängen, wieviel Kohlensäure wirklich ausgenützt wird. — Aus dem genannten Grunde war auch meine Methodik auf möglichst billiges Arbeiten zugeschnitten, auch mußte ich von vornherein auf komplizierte Apparate verzichten, weil sowohl deren Anschaffung wie ganz besonders deren Handhabung seitens der Gärtner auf zurzeit unüberwindliche Schwierigkeiten gestoßen wäre.

Gründe der gleichen Art waren es auch, die mich zur Verwendung der rohen Salzsäure führten. Schwefelsäure ist an sich teurer; dann stehen dem Hantieren mit der konzentrierten Säure gewisse Bedenken entgegen, während der Bezug verdünnter Säure die Frachtspesen erhöhen würde. Irgend eine Schädigung der Blätter durch aufsteigende Salzsäuredämpfe habe ich bisher nie beobachtet, obwohl ich mit so empfindlichen Pflanzen arbeitete wie z. B. *Tropaeolum*. Die Waschflasche wäre zurzeit noch ein viel zu komplizierter Apparat, könnte ja aber zur größeren Sicherheit eingeführt werden. Schaden kann freilich entstehen, wenn die nach Aufgießen der Säure emporspritzenden Tröpfchen auf Blätter oder Stengel treffen.

Übrigens habe ich jenem Aufsatz einen Nachtrag in Heft 15. der Gartenflora folgen lassen[1]), in welchem ich zur Kohlensäureentwicklung das Abbrennen von Spiritus (auf 1 qm je 1, 2 oder 3 ccm, eventuell zweimal täglich) empfehle. Reiner Alkohol wäre ziemlich teuer, ich habe mich jedoch überzeugt, daß die ja nicht eben schön riechenden Dämpfe des Denaturierungsmittels meinen Versuchspflanzen nicht im mindesten schadeten, auch nicht, wenn ich in meinen Glashäuschen von $^1/_3$ cbm Innenraum bis zu 10 ccm Spiritus abbrannte. Mit Brennspiritus kommt die Sache noch billiger zu stehen als mit Kalkstein und roher Salzsäure; auch hat man den Vorteil, daß die Kohlensäure aus der Flamme nach oben

1) Dieser Nachtrag sollte in den Sonderabzügen mit dem Hauptteil zusammengedruckt werden, was seitens der Druckerei versäumt wurde; nun scheint es, als ob versehentlich (ohne mein Verschulden) ein Teil derjenigen Fachgenossen, denen ich Sonderabzüge zugehen ließ, den Nachtrag nicht mit erhalten habe, was ich zu entschuldigen bitte.

steigt, sich also gleichmäßiger im Raume verteilt, während sie ja sonst leicht zu Boden sinken kann.

Freilich, mit der Anwendung dieses Mittels ist es kein reiner Versuch mehr: die entwickelte Wärme kommt hinzu, was bei exakten Vergleichen selbstredend in Betracht gezogen werden muß. Für die Nutzanwendung wäre das gewiß kein Fehler, die Wärme könnte je nachdem sogar von günstiger Wirkung sein. Als feststehend dürfen wir ansehen, daß Wärme die Entfaltung vorhandener Blütenanlagen beschleunigen, nicht aber den Knospenansatz an einer noch nicht blühreifen Pflanze fördern würde.

Nicht zugestehen kann ich, daß solche Versuche „im wesentlichen nur eine Wiederholung von GODLEWSKIs Versuchen bedeuteten". Dafür war von vornherein die Fragestellung eine ganz andere. Bei GODLEWSKI lautete sie: „Läßt sich die im Blatt niedergelegte Stärke entsprechend dem Kohlensäuregehalt der Luft vermehren? und: wo liegt die Grenze, jenseits welcher eine Steigerung nicht mehr stattfindet?" In meinen Versuchen: „Wie entwickelt sich die Pflanze, der man monatelang täglich ein verhältnismäßig geringes Mehr an Kohlensäure zuführt? und: sind die blütenbildenden Stoffe nach SACHS, wie ich schon im Jahre 1898 behauptet hatte, identisch mit den Kohlenhydraten?" Ich glaube nicht zu viel gesagt zu haben, wenn ich das eine ganz verschiedene Fragestellung nenne.

Als ein besonders wichtiges Ergebnis meiner Versuche sehe ich es an, daß man wenig fruchtbare Bastarde duch Zufuhr von Kohlensäure zu reicherem Samenansatz veranlassen kann, was in Rücksicht auf die ganze botanische Bastardforschung von sehr großer Bedeutung zu werden verspricht; nähere Mitteilungen behalte ich mir vor.

Diese Zeilen möchte ich nicht schließen, ohne den kulturgeschichtlich interessanten Hinweis, daß wir in diesen Fragen weiter, als wir heute sind, schon vor 15 Jahren hätten sein können, wenn manches anders wäre als es ist, wenn ich hätte arbeiten dürfen, wie ich arbeiten wollte und konnte.

75. C. Wehmer: Merulius lacrymans und M. silvester.

(Eingegangen am 21. November 1912.)

Über das Verhältnis des sogenannten wilden Hausschwamms (*Merulius silvester* Fck.) zum echten Hausschwamm (*M. lacrymans* Schum.) sind die Ansichten bekanntlich geteilt, nach dem einen[1]) ist ersterer eine besondere Spezies für sich, nach dem anderen dagegen[2]) nur eine Varietät des letzteren. C. MEZ legt dem von R. FALCK hervorgehobenen Unterschiede beider bezüglich der Temperaturwerte keine entscheidende Bedeutung bei. Zur Gewinnung weiteren Materials für Beurteilung dieser Frage kultiviere ich beide Pilze bereits seit längerer Zeit vergleichend nebeneinander, es handelte sich darum, festzustellen, ob Unterschiede etwa bei Züchtung auf verschiedenen Nährböden herauskommen. Wie ich erweisen konnte, ist das nun allerdings der Fall. Die Differenzen liegen in der Art des Wachstums, insbesondere aber in der Pigmentbildung auf flüssigen, zumal zuckerhaltigen Substraten.

Meine beiden Pilzformen entsprechen — wie vorweg konstatiert wurde — der Anforderung, daß sie sich bei ca. 26 ° durchaus verschieden verhalten[1]). Hierzu wurden Abimpfungen auf Kartoffel und Würze-Agar mehrere Wochen im Thermostaten gehalten: Diejenigen von *M. lacrymans* versagten und trockneten ohne nennenswerte Weiterentwicklung ein, während die von *M. silvester* glatt anwuchsen; hier überzog sich das Substrat alsbald mit dem charakteristischen weißen, teils zitronengelb verfärbten Mycel, das beim Abschluß sowohl den Würze-Agar wie die Kartoffelstücke völlig bedeckte[3]).

1) R. FALCK, Wachstumsgesetze, Wachstumsfaktoren und Temperaturwerte holzzerstörender Mycelien in „Hausschwammforschungen", herausgegeben von A. MÖLLER, 1. Heft, Jena 1907, S. 53. — A. MÖLLER, Hausschwammuntersuchungen, ibid., S. 33.

2) C. MEZ, Der Hausschwamm, 1908, S. 69. — K. HOFFMANN, Wachstumsverhältnisse einiger holzzerstörenden Pilze. Dissert. Halle, 1910, S. 120.

3) Impfung der Kulturröhrchen und kleinen ERLENMEYER-Kolben geschah mit Mycelflocke aus zwei gleich alten Kartoffelkulturen der beiden Pilze; um Zufälligkeiten auszuschließen, wurden die Impfungen von *M. lacry-*

Bei Zimmertemperatur dagegen wuchsen beide auf Kartoffel, Würze-Agar und Würze-Gelatine ziemlich gleich schnell, das Aussehen des Mycels zeigte kaum Unterschiede — ausgenommen etwa, daß *M. lacrymans* zumal auf Kartoffel erheblich stärker zur Pigmentbildung (Gelbfärbung) neigte — auch die Verflüssigung der Gelatine geht mit ungefähr gleicher Geschwindigkeit vonstatten. Nach wochenlanger Kultur ist die total verflüssigte Gelatine bei beiden Pilzen tief dunkelbraun, aber auch hier bestehen bereits Unterschiede in der Schnelligkeit, mit der die Pigmentbildung einsetzt; erst goldgelb geht die Farbe allmählich in dunkelbraun über. Besonders auffällig sind die Differenzen auf Zuckernährlösungen (Dextrose mit Ammonnitrat als Stickstoffquelle, neben Monokaliumphosphat und Magnesiumsulfat), solche Kulturen geben mit der Zeit ein ganz verschiedenes Bild. Da das Wachstum der beiden Pilze unter solchen Bedingungen ein sehr langsames ist, muß ihnen dazu entsprechende Zeit gelassen werden. Hier findet nun eine intensive Verfärbung allein bei *M. lacrymans* statt, *M. silvester* zeigt nur schwache Anfänge zur Farbstoffbildung selbst in mehrere Monate alten Kulturen. Sein Mycel ist dann weißgrau, stellenweise hellbräunlich, das des anderen Pilzes dagegen größerenteils tief rotbraun, die Kulturflüssigkeit selbst bei *M. lacrymans* durchweg goldgelb, bei *M. silvester* farblos bis hellgelb. Es kommt hiernach, wie ich schon gelegentlich hervorhob[1]), bei beiden Arten zu einer Pigmentbildung, sie ist aber bei *M. silvester* auf Zuckerlösung so wenig ausgesprochen, daß dies Moment wohl zu einer systematischen Trennung ausreicht, das Aussehen der Kulturen ist tatsächlich so stark von-

---

mans an den folgenden Tagen zwei- bis dreimal (erfolglos) wiederholt. Temperaturschwankungen des Brütschrankes während der Versuchswochen betrugen einige Grad (24—28°). — Der vorschriftsmäßige Ausfall der Versuche überraschte mich — wie ich gestehe — etwas; das Material von *M. silvester* bezog ich von der Zentralstelle in Amsterdam. Fräulein Prof. Dr. Westerdijk hatte auf meine besondere Nachfrage noch die Liebenswürdigkeit mitzuteilen, daß der Pilz aus dem Botan. Institut zu Halle stammte, seinerzeit von Herrn Dr. Ernst G. Pringsheim eingeschickt und der richtige des Eberswalder Standortes sei. Ich vergleiche ihn nun mit einem selbst aus einem kranken Hause isolierten. Der benutzte *M. lacrymans* war vor einigen Jahren aus schwammkrankem Holz isoliert und fortgesetzt bei Zimmerwärme weiter kultiviert, seine Empfindlichkeit gegen etwas höhere Wärmegrade hat er also trotzdem nicht eingebüßt.

1) C. Wehmer. Über Pigmentbildung bei *Merulius lacrymans* (Ber. Botan. Ges., 1912, 30, 327). Zitronengelbes Pigment bilden beide Arten, *M. silvester* aber gleichfalls schwächer.

einander abweichend, daß der uneingeweihte Beobachter sie ohne weiteres als verschiedenen Pilzen entsprechend erklären würde, der eine ist eben farbig, der andere fast farblos.

Es sei das durch das Ergebnis von 8 Kulturen hier im einzelnen kurz belegt. Je 100 cc Nährlösung mit 3 pCt. Dextrose (chem. rein) und 0,5 pCt. des Mineralsalzgemisches von 1 Teil Ammonnitrat, 0,5 T. Monokaliumphosphat, 0,25 T. Magnesiumsulfat (krist.), unter Watte im Dampf sterilisiert, mit je einer Mycelflocke der beiden Pilze aus Kartoffelkultur beimpft. Stand der Kulturen am 20. November 1912:

1. *M. lacrymans* (Kulturalter 6—15 Monat): In allen 4 Versuchen Deckenmycel stark gelb und rotbraun verfärbt, submerse Mycelmassen in toto rotbraun, Flüssigkeiten goldgelb.

2. *M. silvester* (Kulturalter 6—12 Monat): In allen 4 Versuchen die Decken weißgrau, nur stellenweise hellbraun, submerse Mycelien farblos, Flüssigkeit teils farblos, teils hellgelb.

An einer Konstanz der Unterschiede ist hiernach kaum zu zweifeln. Die gleiche Erscheinung wiederholt sich aber bei einigen anderen Substraten in ähnlicher Weise, allerdings verfüge ich hier erst über wenige Versuche. So wuchs *M. lacrymans* auf Inulinlösung (3 pCt., sonst wie vorher) unter starker Rotbraunfärbung des Mycels, Flüssigkeit goldgelb; das kümmerliche Polster zweier Parallelversuche mit *M. silvester* ist dagegen nach rund einem Jahre noch schneeweiß, Flüssigkeit farblos. Für beide Pilze, zumal für letzteren, ist diese Kohlenstoffquelle schlecht. Auch Glycerin gibt Unterschiede, als Nährstoff ist es unter den gewählten Verhältnissen nicht viel besser; hier tritt sogleich Färbung von Mycel und Flüssigkeit bei *M. lacrymans* auf, *M. silvester* blieb monatelang farblos, schließlich wurden hier die oberflächlichen Polster rostfarben (je 3 Versuche), der andere Pilz rotbraun bis dunkelrot. Ähnliche Differenzen findet man auf Kartoffel-Stärkekleister mit Nährsalzen, wo sich der letztgenannte Pilz bislang kaum merklich verfärbte.

Es scheint mir hiernach, daß die Verschiedenheiten im Verhalten gegen Wärme ebenso wie die ungleiche Pigmentbildung der zwei Pilze — solange Wandelbarkeit dieser Merkmale nicht exakt gezeigt ist — ihre Aufrechterhaltung als besondere Spezies wohl motivieren. Dazu kommt, daß das Aussehen der auf Holz wachsenden Mycelhäute und derben Stränge trotz der großen Ähnlichkeit doch ganz bestimmte Unterschiede zeigt; *M. silvester* scheint in Gebäuden verhältnismäßig selten zu sein (ich fand ihn im ganzen dreimal), und hier auch kaum oder doch selten Fruchtkörper zu

bilden, solche bekam ich bislang (nach 10 Wochen) auch nicht in größeren Kellerversuchen auf Holz, während *M. lacrymans* sie hier unschwer erzeugte. Selbst wenn nun die Fruchtkörper beider Pilze einander sehr (also bis zum Verwechseln) ähnlich sein sollten — kleine Unterschiede im Bau werden jedoch angegeben[1]) —, so könnte dies Moment gegenüber den greifbaren physiologischen Unterschieden um so weniger schwer ins Gewicht fallen, als ja die äußere Form der *M.-lacrymans*-Fruchtkörper (nicht weniger vielleicht auch die der anderen Arten) schon recht wandelbar ist und in ihrer Ausgestaltung stark unter dem Einfluß äußerer Umstände steht.

Oidien bzw. Gemmen, wie solche früher wiederholt, als durch Zerfall der Hyphen in bekannter Weise entstehend, angegeben sind, habe ich bislang weder in Reinkulturen noch bei freier Vegetation auf Holz im Keller bei keinem der beiden Pilze gesehen, dagegen bildete sich nunmehr nach monatelanger Kultur in einer der zahlreichen Zuckerkulturen des *M. lacrymans* oberhalb des Flüssigkeitsniveaus ein wohlcharakterisierter kleiner hellbrauner Fruchtkörper (ca. 3 cm Durchm.), der alsbald aber wieder von sterilem Mycel überwuchert wurde. Gegenüber den sogen. Schimmelpilzen (Aspergillaceen, Mucoraceen) fällt die außerordentlich lange Lebensdauer der künstlichen Kulturen von *Merulius*-Arten auf.

Hannover, November 1912.

Techn.-Bakter. Laboratorium des Techn.-Chem. Instituts
der Kgl. Techn. Hochschule.

---

1) R. Falck in Möller, Hausschwammforschungen, 3. Heft, 1909, S. VII.

76. Karl Rudolph: Chondriosomen und Chromatophoren.

(Beitrag zur Kritik der Chondriosomentheorien.)

(Mit Tafel XVIII und einer Textfigur.)

(Eingegangen am 21. November 1912.)

In den letzten zwei Jahren hat die Chondriosomenlehre, welche seit dem vergangenen Jahrzehnt bereits in der tierischen Histologie eine große Literatur hervorgerufen hat, auch in der botanischen Zellenlehre ihre belebende Wirkung geltend gemacht und eine in mancher Beziehung umwälzende Bewegung entfacht, die zum großen Teil von Arbeiten in diesen „Berichten“ ihren Ausgang nahm. Es handelt sich bekanntlich um neuentdeckte, den tierischen Mitochondrien morphologisch und färberisch ähnliche Inhaltskörper im Cytoplasma, an die die weittragendsten Folgerungen geknüpft wurden, die einerseits alte, für gesichert geltende Anschauungen angriffen, andererseits neue grandiose Perspektiven für unsere Erkenntnis der Beziehungen von Pflanzen- und Tierzelle eröffnen sollten, indem die besagten Cytoplasmastrukturen für homolog den tierischen Chondriosomen erklärt und die Chromatophoren der Pflanzenzelle von ihnen abgeleitet wurden.

Wenn auch unbedingt gesagt werden muß, daß diese Hypothesen noch ganz ungenügend fundiert sind, so haben sie doch gewiß schon einen nicht geringen heuristischen Wert bewiesen, der in der immer mehr anschwellenden botanischen Chondriosomenliteratur zum Ausdruck kommt. Es erübrigt mir, neuerdings einen historischen Überblick über die Entwicklung dieser Anschauungen zu geben. Ein solcher findet sich in den Einleitungen der meisten diesbezüglichen Arbeiten und erst in letzter Zeit sind uns wieder durch E. W. Schmidt (25, 26) Sammelreferate darüber geboten worden. Naturgemäß hat auch bereits eine kräftige Kritik eingesetzt, wie sie die Tragweite dieser Hypothesen erfordert, und dieser sollen auch die folgenden Darlegungen dienen, die das Ergebnis einer Nachuntersuchung hauptsächlich der Angaben Lewitskys (13) bilden, mit der ich mich seit mehr als Jahresfrist beschäftigt habe.

Es sei im vorhinein bemerkt, daß ich die meisten der von Lewitsky beschriebenen cytologischen Figuren wieder gefunden

habe. In ihrer Deutung aber und ihrer genetischen Zusammenstellung kann ich den bisher ausgesprochenen Ansichten nicht ganz folgen.

Zu dieser Untersuchung verwendete ich mit Absicht dasselbe Objekt, das LEWITSKY dazu geführt hat, einen entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang zwischen Chromatophoren und Chondriosomen anzunehmen, nämlich Keimlinge und ältere Sprosse von *Asparagus officinalis*. Auch in der Methode folgte ich zunächst ganz LEWITSKY, fixierte also mit BENDAscher Flüssigkeit[1]) oder mit Formol-Chromsäure[2]) und färbte die Schnitte mit Eisen-Hämatoxylin. Später verwendete ich dann mit weit schönerem Erfolg jene Methode, die von BENDA (2) als „typische Mitochondrien-Färbungsmethode" in die tierische Histologie eingeführt wurde[3]): die Doppelfärbung mit sulfalizarinsaurem Natrium und Kristallviolett nach vorangegangenem etwas kompliziertem Beizungs- und Chromierungsverfahren. Man erhält dann nach richtiger Differenzierung das Cytoplasma licht gelbrötlich, Nucleolus und Chromosomen tief rot, Chromatophoren und Chondriosomen violett gefärbt, letztere beide aber je nach dem Volumen wieder in verschiedener Intensität, also eine viel vollkommenere Kontrastwirkung als bei der Hämatoxylinfärbung.

In einigen Fällen versagte mir die Darstellung der Cytoplasmabestandteile in den plasmareichen Meristemzellen, wie ja schon ver-

---

1) „BENDAsche Flüssigkeit" entspricht dem „starken FLEMMING" mit verringertem Gehalt an Essigsäure und erhöhtem Gehalt an Osmiumsäure: 15 ccm 1 proz. Chromsäure + 4 ccm 2 proz. Osmiumsäure + 3 Tropfen Eisessig.

2) 85 T. 10 proz. Formol + 15 T. 1 proz. Chromsäure mit Nachfixierung in „BENDA".

3) Die in „BENDA" fixierten Objekte kommen 24 St. in Acet. pyrolignos. rectif., sodann 24 St. in 2 proz. Kaliumbichromat — 24 St. wässern — Einbettung in Paraffin wie gewöhnlich — die Schnitte 24 St. in 4 proz. Eisenalaun — in Wasser abspülen — 24 St. in bernsteingelbe wäßrige Lösung von sulfalizarinsaurem Natrium, die durch Einträufeln einer alkoholischen Lösung in Wasser erhalten wird — abspülen — in Kristallviolettlösung (1 Vol.-T. in 70 proz Alkohol kalt gesättigte Lösung von Kristallviolett + 1 Vol.-T. Säurealkohol (1 proz. HCL) + 2 Vol.-T. Anilinwasser) vorsichtig erwärmen, bis Dämpfe aufsteigen — abspülen — in 30 proz. Essigsäure differenzieren, bis im Cytoplasma die Rotfärbung wieder durchschlägt, ca. 3 Min. — auswaschen — an der Luft trocknen lassen — kurz in Aceton eintauchen — durch Xylol in Kanadabalsam. — Die Beizung mit Holzessig und die Postchromierung mit Kaliumbichromat wurde mehrfach auch erst nach dem Schneiden vorgenommen. Ich habe es nicht ausprobiert, ob diese Prozeduren alle unerläßlich sind. — Angewendete Schnittdicke in allen Fällen 5 μ.

schiedene Forscher, z. B. ZIMMERMANN, NĚMEC (20, S. 292), auf die Schwierigkeit der Plastidenfärbung in den Vegetationspunkten hingewiesen haben. Bei einigen Serien aber, wo ich die Vegetationspunkte gespalten hatte, um ein möglichst rasches Eindringen der Fixierungsflüssigkeit herbeizuführen, erhielt ich befriedigende Resultate.

Meine Auffassung stützt sich auf das übereinstimmende Ergebnis von vier gut gelungenen Serien, von denen drei durch die Endknospen junger, etwa 3 cm großer Keimpflänzchen geführt wurden, während die vierte von der Endknospe eines fingerdicken, etwa 20 cm langen, bereits ergrünten Erneuerungssprosses einer alten Pflanze stammte.

An dieser letzteren ließ sich besonders schön die Entwicklung der Chromatophoren und Chondriosomen bis in die ausgewachsenen Gewebe verfolgen und sie ist daher in erster Linie der folgenden Darstellung und den Zeichnungen zugrunde gelegt.

Es seien zunächst die Verhältnisse in den schon ausdifferenzierten Geweben betrachtet, wie sie die Internodien unmittelbar unter der Endknospe darbieten. In einer Assimilationszelle aus dem primären Rindengewebe der Sproßachse (Fig. 5) finden wir die Chlorophyllkörper — mit der Doppelfärbung nach BENDA lichtviolett gefärbt — schon annähernd in ihrer endgültigen Größe und in ihrer gewöhnlichen Gestalt. Neben den runden Körnern sieht man, bald vereinzelt, bald an manchen Stellen lokal gehäuft, gestreckte, walzen- bis bisquitförmige Körper mit allen Graden der Einschnürung in der Mitte, welche man ohne weiteres als Teilungsstadien der Chlorophyllkörner ansehen wird, wie sie sich auch in viel älteren Zellen immer wiederfinden. Nur sind hier die Chlorophyllkörner im Zustande der Teilung häufig — nicht immer — auffallend stark in die Länge gezogen, sodaß sie mehr den bekannten, von MIKOSCH (18) beschriebenen Teilungsfiguren bei *Hartwegia comosa* als der üblichen schematischen Darstellung der Durchschnürung entsprechen (Fig. 5, Textfig. I). Ähnliche Chloroplastengestaltungen hat u. a. auch KÜSTER (12) in *Funaria*zellen, die im Dunkeln in $^1/_2$ proz. KNOPscher Nährlösung gehalten worden waren, ferner bei *Elodea* in schwach plasmolysierender Lösung gefunden.

Die Teilung scheint hier nicht so sehr dadurch zustandezukommen, daß eine Durchschneidung in der Mitte des Kornes eintritt, als vielmehr dadurch, daß sich das Korn zunächst durch eine vermutlich intercalare Wachstumszone walzenförmig streckt und dann die beiden Hälften auseinander rücken, wobei das Mittelstück

immer länger ausgezogen und dünner wird, bis es reißt. Die Mitte des Kornes ist auch in den gefärbten Präparaten oft lichter gefärbt, entsprechend der chlorophyllosen Mittelzone bei der „indirekten Teilung“ nach MIKOSCH.

Neben diesen lichtgefärbten Chromatophoren fallen dann weiter zahlreiche weit kleinere, tief schwarzblau gefärbte Körnchen in die Augen, welche unregelmäßig im Cytoplasma zwischen den Chlorophyllkörnern zerstreut liegen, ferner vereinzelte kurze, gleich intensiv gefärbte Stäbchen, welche bei hinreichend starker optischer Auflösung auch häufig eine leichte Einschnürung in der Mitte erkennen lassen und so die Formverhältnisse der „Teilungsfiguren“ in kleinerem Maßstab wiederholen, und bisweilen auch längere Fädchen, die bald gleichmäßig dünn erscheinen, bald schwache Anschwellungen an den Enden, in der Mitte oder reihenförmig hintereinander erkennen lassen (Fig. 5).

Wie der weitere Verfolg bestätigt, sind diese Gebilde unzweifelhaft die als Chondriosomen beschriebenen Inhaltskörper, und ich werde auch im folgenden für sie diesen Ausdruck und die übrigen Termini der Chondriosomenlehre [1]) in Anwendung bringen, wobei aber ausdrücklich betont sei, daß damit nur ihre Formverhältnisse, ihr färberisches Verhalten und die äußerliche Vergleichbarkeit mit früher unter diesem Namen beschriebenen Gebilden zum Ausdruck kommen, aber nichts über eine Homologie mit den tierischen Mitochondrien ausgesagt sein soll. Es soll damit nur gekennzeichnet werden, daß es sich um körner-, stäbchen- oder fadenförmige Inhaltskörper des Cytoplasma von gewisser Größe handelt, die durch verschiedene Fixierungs- und Färbungsverfahren vom Cytoplasma different gefärbt werden und auch schon in der lebenden Zelle erkennbar sind.

Es ist also zu konstatieren, daß die Chondriosomen auch noch neben den entwickelten Chloroplasten in den ausgewachsenen Zellen vorkommen, eine, wie mir dünkt, für die Deutung sehr bemerkenswerte Tatsache, deren LEWITSKY keine besondere Erwähnung tut und die auch in seinen Figuren nicht zum Ausdruck kommt.

Die ausgewachsenen Epidermiszellen enthalten nur wenige kleine Chloroplasten, daneben aber wieder eine größere Zahl von Chondriosomen in Körner-, Stäbchen- und Fädchenform in scheinbar noch größerer Dichte.

1) Mitochondrien — Körner, Chondriokonten — Stäbchen, Chondriomiten — Fäden, Chondriosomen — Gesamtbezeichnung für alle Formen, Chondriom — die Gesamtheit der Chondriosomen in einer Zelle.

Verfolgen wir die Chloroplastengestaltung im Innern des Sprosses vom Rindenparenchym gegen die Gefäßbündel zu, so sehen wir, daß die Chlorophyllkörner kleiner und kleiner werden, wobei auch, wie der Vergleich mit lebenden Schnitten zeigt, der Chlorophyllgehalt mehr und mehr abnimmt. Gleichzeitig sehen wir, daß ungefähr in demselben Maß, in dem die Streckung der Zellen gegen das Gefäßbündel hin zunimmt, auch die Teilungsfiguren der Chromatophoren immer stärker gedehnt und dünner ausgezogen erscheinen. Diese Verkleinerung und Streckung der Chromatophoren führt zu einer allmählichen Annäherung an die Fadenformen der Chondriosomen, die sich in allen Zellen wiederfinden, so daß wir in den verschiedenen, langen, schmalen Ele-

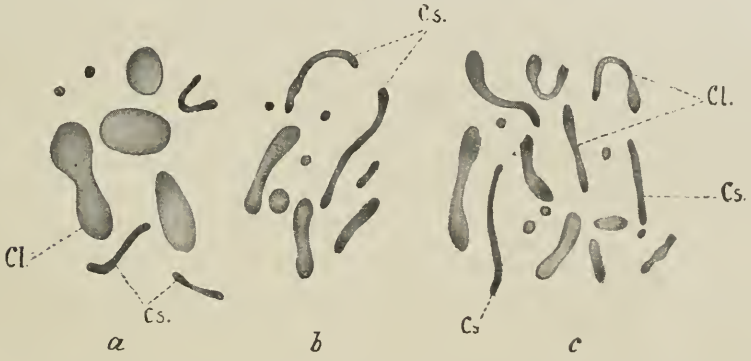


Fig. 1. *Asparagus officinalis*, Chloroplasten- und Chondriosomengestaltung im allmählichen Übergang von der primären Rinde gegen ein Gefäßbündel, ca. 3 cm unter der Endknospe. a aus einer äußeren Zellage des Assimilationsgewebes, b weiter nach innen, c aus gestreckten Parenchymzellen des Gefäßbündels. Apochromat. 2 mm, Compens.-Okular 18.

menten der Gefäßbündel beide Gebilde nurmehr mit Mühe voneinander unterscheiden können. In Textfigur I sind Chloroplasten mit den sie begleitenden Chondriosomen auf drei verschiedenen Stufen dieses allmählichen Überganges dargestellt. Es ist also schon innerhalb eines Querschnittes jene Kette von Übergangsformen zwischen ausgewachsenen Chromatophoren und Chondriosomen gegeben, die LEWITSKY zur Annahme eines entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhanges geführt hat.

Dieser allmähliche Übergang beweist aber zunächst nur, daß wir auch die chondriomitenähnlichen Chromatophoren als Teilungsfiguren und nicht als Urformen aufzufassen haben, homolog den gewöhnlichen Bisquitformen der Chlorophyllkörper, wie sie sich auch in alten, längst ausgewachsenen Zellen gelegentlich wieder-

finden, wenn eine Vermehrung der Chlorophyllkörner eintritt. Diese sind nach aller unserer Erfahrung nichts anderes als ein vorübergehender, gelegentlicher Formzustand der runden Körner, der wiederholt eingenommen werden kann. Die starke Dehnung dieser Teilungsfiguren in den Gefäßbündeln und begleitendem Gewebe könnte vielleicht in irgend einem mechanischen Zusammenhang mit der Streckung der Zellen und ihren engen Raumverhältnissen stehen, wie ja auch der Kern oft um ein vielfaches seines Durchmessers gestreckt erscheint. Es scheint übrigens, daß die Chromatophoren oft sehr lange im Zustande der Teilung verharren, ja daß dieser Zustand bisweilen fast stationär werden kann. Dafür spricht die oft große Häufigkeit der Teilungsfiguren, ohne daß immer eine entsprechende Vermehrung der Chloroplastenzahl zu konstatieren wäre. Spätere Erfahrungen haben mich in dieser Annahme noch bestärkt (s. u. S. 620, Fußnote).

Jene Übergangskette legt nur noch die Möglichkeit sehr nahe, daß wir die Chondriomiten selbst als letzten Grad dieser natürlichen Deformierung der Chromatophoren auffassen, daß auch sie nur eine besondere secundäre Formgestaltung derselben darstellen.

Aber schon ein eingehender Vergleich des Chondrioms in den verschiedenen Zellschichten desselben Querschnittes läßt diese Annahme unwahrscheinlich erscheinen. Wie schon erwähnt, finden sich die Chondriosomen gleichmäßig in allen Arten von Zellen, in Epidermis- und Grundgewebszellen sowohl, wie in allen Elementen der Gefäßbündel, den Siebröhren, Geleitzellen, Ursprungszellen der Gefäße usw. Die Gestaltungs- und Zahlenverhältnisse sind ziemlich gleichförmig, es läßt sich nur im allgemeinen sagen, daß die Zahl und Länge der Fäden nach innen zunimmt und in den Gefäßbündeln ein Maximum erreicht. Hier finden sich in meinen Präparaten Ketten von großen gestreckten Zellen (Fig. 7), vermutlich Gefäßanlagen, die ganz erfüllt sind von einem Gewirr langer, meist in der Längsrichtung der Zellen orientierter Fäden, die oft beträchtlich länger sind als die längsten Teilungsfiguren der Chromatophoren. Zwischen ihnen lassen sich hier und da noch kleine voluminösere Leukoplasten, häufig wieder im Teilungszustande, und Mitochondrien erkennen. In anderen Schnittserien fand ich in ganz gleichwertigen Zellen nur Mitochondrien in großer Zahl an Stelle der Fäden, wie überhaupt zu konstatieren ist, daß die Chondriosomen in gleichwertigen und gleichaltrigen Zellen bald als Körnchen, bald als Stäbchen, bald als Fäden oder meist ganz gemischt auftreten.

Beim Übergang gegen das Grundgewebe zwischen den Gefäßbündeln erreichen die Chromatophoren allmählich wieder ungefähr die normale Größe und zeigen die gleichen unzweideutigen Teilungsfiguren wie die Chloroplasten des Assimilationsgewebes (Fig. 6). Die Chondriosomen finden sich auch hier wieder in allen ihren gewöhnlichen Formen mit allen Übergängen untereinander, von den Kleinkörnern über Stäbchen bis zu Fäden von beträchtlicher Länge, aber ohne jeden Übergang zu den Chloroplasten dieser Zellen.

Aus dieser Tatsache schon läßt sich schließen, daß auch die langen Chondriomiten sich von den Mitochondrien und nicht von den gestreckten Teilungsfiguren erwachsener Chloroplasten ableiten und daß die Formannäherung zwischen diesen und den Chondriosomen in den Stranggeweben nur eine rein zufällige ist. Es scheint mir am wahrscheinlichsten, daß die Chondriomiten tatsächlich Ketten von unvollständig durchgeteilten Mitochondrien vorstellen — vergleichbar etwa den bekannten Chloroplastenketten bei *Selaginella* —, die gelegentlich auch wieder in die Einzelkörner zerfallen können. Es wurde auch schon erwähnt, daß die Chondriomiten oft reihenförmige Anschwellungen an der äußeren Kontur oder im Grade der Färbung erkennen lassen (Fig. 7, 4).

Für diese Auffassung spricht das vikariierende Auftreten von Körnern und Fäden in derselben Zelle, die so wechselnde Länge der Fäden, die kein bestimmtes Größenverhältnis zu den Chloroplasten erkennen läßt und das Fehlen von Übergangsformen in den Grundgewebszellen.

Es ergibt sich bei dieser Deutung, daß wir in den ausdifferenzierten Geweben ein getrenntes Nebeneinander von Chromatophoren und Chondriosomen zu konstatieren haben. Der „Übergang" zwischen beiden in den Gefäßbündeln ist nur ein scheinbarer, in den Grundgewebszellen fehlt er überhaupt. Dies legt schon die Auffassung näher, daß es sich hier um verschiedenartige Gebilde handelt und nicht um Entwicklungsstadien desselben Organs. Eine weitere Entscheidung darüber muß natürlich in den embryonalen Geweben gesucht werden.

Die Verhältnisse im Vegetationspunkt, wie sie sich aus meinen Präparaten ergeben, sind mit der Auffassung LEWITZKYs nicht ganz in Einklang zu bringen. Nach der Darstellung LEWITZKYs (13, 15) und auch GUILLIERMONDs (in einer seiner ersten Arbeiten) (7) müßten wir in den Urmeristemzellen ganz vorwiegend Fäden und Stäbchen erwarten, denn solche sollen den Ausgangspunkt, das Anfangsstadium der Chromatophoren-Entwicklung bilden.

Ich finde nun in meinen Präparaten im Urmeristem der Hauptachse sowohl wie aller seitlichen Cladodien durchwegs nur Körner vorherrschend (Fig. 1). Es sind also in allen von mir untersuchten Serien nicht Stäbchen und Fäden sondern Körner das Primäre, der Ausgangspunkt der Entwicklung. Die Körnchen, die meist zerstreut im Cytoplasma liegen, bisweilen auch um den Kern gehäuft sind, sind in der Regel von Mitochondriengröße. In einigen Urmeristemzellen heben sich schon einzelne Körner durch größeres Volumen heraus, so daß man hier schon glauben könnte, Plastiden und Mitochondrien unterscheidbar vor sich zu haben, doch will ich darauf noch kein Gewicht legen, da auch die Mitochondriengröße etwas schwankt.

Nur vereinzelt, manchmal in einer Zellgruppe etwas gehäuft, finden sich auch gestreckte Formen, Stäbchen, Keulen, Spindeln und besonders gestreckte Bisquitformen, neben den runden Körnern. Als Seltenheit habe ich auch hier und da einmal etwas längere Fäden gefunden. Bei ihrer weit geringeren Zahl machen diese gestreckten Bildungen durchaus den Eindruck, daß sie nur gelegentliche Formgestaltungen der runden Körner bilden. Wie wir in älteren Zellen neben den runden Körnern auch gestreckte Teilungsfiguren sowohl der Chloroplasten wie der Mitochondrien sehen, so werden wir naturgemäß auch in den Meristemzellen Teilungsfiguren dieser Gebilde zu erwarten haben, ja sie werden hier, wo die Zellteilung so lebhaft ist, mit noch größerer Häufigkeit auftreten müssen, und es könnte wohl vorkommen, daß sie in manchen Vegetationspunkten, die sich gerade in einer Phase besonders lebhafter Zellteilung befinden, die ursprünglichen runden Körner überwiegen. Es ist daher wohl das natürlichste, daß wir diese vereinzelten gestreckten Formen auch als Teilungsfiguren der Körner auffassen, wie ja auch die Teilungsbilder der Plastiden in älteren Zellen starke Dehnung zeigen. Darnach wären diese „Chondriokontenstadien“ nicht als Urformen sondern als wiederholt durchlaufene Zwischenstadien gedeutet, wofür ihr nur gelegentliches Vorkommen in Zellen aller Altersstufen und ihr allmählicher Übergang zu normalen Teilungsfiguren spricht.

In diesen Urmeristemzellen vermögen wir Chromatophoren und Chondriosomen noch nicht zu unterscheiden, aber vielleicht nur deswegen nicht, weil hier die Plastiden bis zur Größenordnung der Mitochondrien verkleinert sind. Schon im nächsten Altersstadium aber, dort etwa, wo die erste Gewebedifferenzierung angedeutet ist, beginnen sich die Chloroplastenanlagen deutlich aus dem Chondriom herauszuheben, indem einzelne der Körner, etwa 6 bis

12, an Größe heranwachsen, während ein Rest in der ursprünglichen Mitochondriengröße verharrt (Fig. 2, 3). Die Teilungsstadien sind auf dieser Stufe oft noch schwer von den Chondriokonten zu unterscheiden, besonders in den jungen Procambiumsträngen (Fig. 4). In den Grundgewebszellen geben sie sich aber bald durch die voluminöse Anschwellung (Fig. 2, 3) unzweifelhaft als solche zu erkennen, und wir können dann deutlich das Nebeneinander von Plastiden und deren Teilungsstadien einerseits und von Chondriosomen andererseits konstatieren, wobei auch bereits gewisse färberische Unterschiede hervortreten, indem die Färbung mit Kristallviolett um so blasser ausfällt, je voluminöser die Gebilde sind.

Die Chondriosomen folgen ebenso wie die Plastiden durch stete Vermehrung der fortschreitenden Zellteilung, so daß auch die Mitochondrien auf alle Zellen aufgeteilt werden. Diese Vermehrung erfolgt offenbar auch durch Teilung, und es ist naheliegend, wieder die Chondriokonten, die ja oft deutlich bisquitförmig sind, als die Teilungsstadien der Mitochondrien anzusehen. Die Länge der Chondriokonten nimmt mit der Entfernung vom Vegetationspunkt immer mehr zu. Sie gehen so allmählich in die Fäden, die Chondriomiten über, die übrigens vereinzelt schon in den Meristemzellen auftreten können. Man gewahrt dann Fäden, welche einer Teilungskette von etwa drei bis vier Körnern entsprechen. (Fig. 4.) Die langen Chondriomiten treten aber erst in größerer Entfernung vom Vegetationspunkt in rasch zunehmender Häufigkeit und Länge auf. (T. XVIII, Fig. 7.)

Die Entwicklung schreitet dann in der angegebenen Richtung divergent fort, indem nur die Chloroplasten weiter an Volumen zunehmen, ergrünen oder zu Leuko- oder Chromoplasten ausdifferenzieren usw., während die Chondriosomen mehr oder weniger in ihrem embryonalen Zustand verharren, und wir kommen dann wieder zu dem eingangs geschilderten Nebeneinander ganz verschieden aussehender Gebilde in den älteren Geweben.

Es ergibt sich somit eine Lesart des Entwicklungsganges, die von der Darstellung LEWITSKYs und der anderen Autoren abweicht, derzufolge in den Meristemzellen als Anfangsstadium fädige Bildungen vorhanden sein sollen, die dann an den Enden anschwellen und durch Trennung dieser Anschwellungen zwei oder mehr Chromatophoren den Ursprung geben. Hier finde ich ganz überwiegend Körner als Anfangsstadium und gestreckte Formen nur als gelegentliche untergeordnete Beimischung, die ohne Schwierigkeit als nur gelegentliche Formgestaltungen, am besten als „Teilungsfiguren“ gedeutet werden können.

Im Urmeristem sind Chromatophorenanlagen und Chondriosomen nicht unterscheidbar. Es findet aber keineswegs eine quantitative Umbildung aller vorhandenen Körner und Fädchen in Chromatophoren statt, wie es aus den Figuren LEWITSKYs (13, Fig. 6—9) und PENSAs zu schließen wäre, sondern ein Teil entwickelt sich zu Chromatophoren, während der andere zu den Chondriosomen der ausgewachsenen Zellen wird. Die Chromatophorenentwicklung erfolgt ganz nach unserer alten Auffassung durch Wachstum und Teilung einzelner der in den Meristemzellen vorhandenen Körner. Ihre Teilungsfiguren sind anfangs den Chondriokonten noch sehr ähnlich.

Man könnte nun annehmen, daß alle Körner im Vegetationspunkt gleicher Natur sind und sie alle als Mitochondrien bezeichnen und weiter schließen, daß nur ein Teil von ihnen zu Chromatophoren ausdifferenziert wird, während der andere im embryonalen Zustande auf alle Zellen übergeht. Diese Denkmöglichkeit entspricht dem Standpunkte GUILLIERMONDs, welcher ebenfalls konstatiert hat, daß sich die Mitochondrien nicht nur in allen embryonalen, sondern auch in allen somatischen Zellen finden und in der Zusammenfassung einer seiner letzten Arbeiten (9) sagt, „ein Teil der Mitochondrien bildet sich um in Chloroplasten, Leucoplasten usw., viele dauern aus in gewissen Zellen und haben noch unbekannte Bestimmung".

GUILLIERMOND hält dabei an der ganz hypothetischen Annahme fest, daß die pflanzlichen und tierischen Mitochondrien homologe Organe des Cytoplasmas seien. Er bringt übrigens seine Auffassung auch mit der SCHIMPERschen Lehre von der Individualität der Chromatophoren in Einklang, indem er aussagt, daß sich alle Mitochondrien der Pflanze durch Teilung von denen der Eizelle und diese wieder durch Teilung von denen der Mutterpflanze ableiten, während LEWITSKY (14) die Chondriosomen als das Grundgerüst des Cytoplasmas, entsprechend den Granula ALTMANNs und dem Mitom FLEMMINGs auffaßt und PENSA (23) gar sie jedesmal durch Neudifferenzierung aus dem Cytoplasma entstehen läßt.

Man kann aber auch, diesen kühnen Hypothesen ausweichend, alle beschriebenen Gebilde als verschiedene Entwicklungsformen der Plastiden auffassen und wieder annehmen, daß von den Chromatophorenanlagen der Meristemzellen nur ein Teil zu Chloroplasten, Leucoplasten usw. aktiviert wird, während der andere rudimentär bleibt. Zu diesem Schluß ist E. W. SCHMIDT gekommen, indem er in seinem Sammelreferat (26, S. 713) sagt:

„daß das, was als „pflanzliche Mitochondrien“ oder „Chondriosomen“ beschrieben worden ist, wechselnd gestaltete Chromatophoren in den verschiedenen Stadien ihrer Entwicklung gewesen sind“.

SCHMIDT hat aber nicht das übergangslose Nebeneinander von Chromatophoren und Chondriosomen in den ausgewachsenen Zellen gesehen, und eben das bleibt bei dieser Deutung sehr schwer verständlich. Bilden die Chondriosomen hier nur ein funktionsloses Rudiment oder bilden sie vielleicht einen Reservefonds, aus dem die Vermehrung und Regeneration der Chromatophoren erfolgt? Das entspricht nicht unserer Erfahrung, derzufolge die Vermehrung der Chromatophoren immer nur durch Teilung der vorhandenen Chromatophoren stattfindet[1]).

Mir erscheint da eine dritte Deutungsmöglichkeit am natürlichsten, daß Chromatophoren und Chondriosomen von vornherein Gebilde verschiedener Natur seien und daß die morphologische Annäherung in den Meristemzellen und den Gefäßbündeln nur eine rein zufällige ist. Daß das gleiche färberische Verhalten keine beweisende Bedeutung hat, braucht wohl nicht erst besonders betont zu werden[2]).

Man könnte allenfalls an eine entfernte phylogenetische Verwandtschaft denken. Dafür dürfte sich aber kaum ein Anhaltspunkt bei den niederen Pflanzen finden.

Für diese Deutung spricht vor allem die frühzeitig getrennte Nebeneinander-Entwicklung, die zu so verschiedenen Endstadien innerhalb derselben Zelle führt.

In dieser verschiedenen Entwicklung drückt sich ein tiefgreifender physiologischer Unterschied aus, der den Körnern schon im Anfangsstadium induziert sein muß, wenn sie morphologisch

---

1) Auch bei Neubildung von grünen Adventivsprossen aus scheinbar chlorophyllfreien Zellen, z. B. Adventivbildungen an Moosrhizoiden, lassen sich doch meist noch einige kleine Chloroplasten oder wenigstens Leucoplasten nachweisen, auf die dann der neu entstandene Chlorophyllapparat zurückgeführt werden kann. Weitere Untersuchungen über das Verhalten des Chondrioms bei Regenerationserscheinungen (z. B. Blattstecklingen aus Epidermiszellen bei *Begonia*) sind noch beabsichtigt.

2) Die verschiedene Korngröße der einzelnen Chromatoph. und Chondrios. hat übrigens oft große Unterschiede in der Intensität und dem Ton der Färbung zur Folge, je nach der verhältnismäßigen Dauer von Färbung und Differenzierung. So sind manchmal in einzelnen Zellpartien überhaupt nur die Chromatoph. gefärbt, wo andere Schnitte an gleicher Stelle deutliche Chondrios. zeigen und umgekehrt. Damit erklären sich wohl manche Widersprüche zu früheren Beobachtungen.

noch nicht unterschieden werden können. Bei den überhaupt so einfachen Formverhältnissen scheint mir dieser physiologische Unterschied wichtiger zu sein als die morphologische Ähnlichkeit in gewissen Entwicklungsstadien.

Ein solcher physiologischer Unterschied spricht sich auch darin aus, daß die Chondriosomen so gleichförmig in allen Zellen auftreten, während die Chromatophoren viel mannigfaltigere Ausgestaltung erfahren. Letztere scheinen auch von äußeren Faktoren viel leichter beeinflußbar zu sein. Schon A. MEYER (17) ist zu dem Schluß gekommen, daß die abweichende Chromatophorengestaltung in den verschiedenen Zellagen durch die ungleiche Lichtintensität in denselben bedingt ist. Ich habe mich auch selbst davon überzeugt, daß das Licht bis zu gewissem Grade das Wachstum der Chromatophoren stark fördert, während die Chondriosomen unbeeinflußt bleiben. Vergleicht man gleichartige Gewebe von Keimlingen, die im Dunkeln gezogen wurden, mit solchen, die im Licht heranwuchsen, so sieht man bei ersteren das Chloroplastenwachstum in den Rindenzellen stark verzögert. Bei solchen Dunkelkeimlingen ist daher auch die Differenz in der Chromatophoren- und Chondriosomenentwicklung in den ersten Stadien viel weniger prägnant und tritt viel später in Erscheinung.

Ähnlich wie bei diesen Dunkelkeimlingen ist auch im Vegetationspunkt der Wurzel das Heranwachsen der Plastiden zu Leucoplasten sehr verzögert, und sie sind daher samt ihren gestreckten Teilungsfiguren erst auf später Entwicklungsstufe im bereits differenzierten Gewebe sicher von den überall vorhandenen Mitochondrien und fädigen Chondriosomen zu unterscheiden. Aber auch hier finde ich in den Meristemzellen als Anfangsstadium der Entwicklung beider Gebilde vorwiegend Körner und in den älteren Zellen wieder nebeneinander erwachsene Leucoplasten und kleinere Chondriosomen, wie es übrigens LEWITSKY (13, Fig 19) hier selbst abbildet. Es ist also auch hier der Entwicklungsgang mit der vorgetragenen Ansicht, daß es sich um heterogene Gebilde handelt, ohne weiteres in Einklang zu bringen.

Für einen nuclearen Ursprung der Chondriosomen kann ich ebensowenig wie LEWITSKY einen Anhaltspunkt finden. Täuschungen sind hier sehr leicht möglich, ich kann diesbezüglich auf die ausführlichen Kritiken von NĚMEC (20, S. 271 ff.) und LUNDEGARD (16) verweisen. Jedenfalls habe ich kein Altersstadium der Zelle gefunden, wo Chondriosomen noch im Cytoplasma fehlen, und bei Anwendung der BENDAschen Mitochondrien-

färbung ist auch der färberische Unterschied zwischen Chromosomen und Nucleolus einerseits und Chondriosomen andererseits sehr auffällig.

Während LEWITSKY *Asparagus* noch als ein ungeeignetes Objekt für die Lebendbeobachtung der Chondriosomen bezeichnet, konnte ich doch auch bei dieser Pflanze die Existenz der Chondriosomen in vivo ganz unzweifelhaft in Zellen verschiedenster Kategorie, in Epidermis-, Rinden-, Mark- und Gefäßbündelzellen, in den Sproßachsen sowohl wie in den rudimentären Blättchen konstatieren. Wenn auch nicht gerade in jedem Fall auf sicheres Gelingen zu rechnen ist, kommt man doch bald zu einer gewissen Sicherheit im Auffinden der Chondriosomen.

Die Schnitte können in gewöhnlichem Brunnenwasser untersucht werden, es kommen aber für die Beobachtung nur völlig intakte Zellen in Betracht, welche noch das bekannte glasklare Aussehen des Zellkernes und der Chlorophyllkörner aufweisen und noch keine Spur von Granulation und Schaumigwerden zeigen. Solche gut geeignete Zellen lenken bald durch ihre rege Plasmaströmung die Aufmerksamkeit auf sich. Sieht man nun längere Zeit zu, so unterscheidet man bald in den zarten Plasmasträngen kleine zart lichtbrechende Körnchen, Stäbchen und Fädchen, die von der Plasmaströmung mitgetragen werden, wobei die Fädchen schlängelnd hin und her gebogen werden. Das ganze Bild erinnert in der Art der Lichtbrechung wie in den Größenverhältnissen ganz an zarte Bakterien aller Gattungen, von Coccen bis zu Spirillen. Nicht selten zeigen die Fädchen wieder leichte Anschwellungen an den Enden. Es kehren dieselben Formen in gleichen Größen- und Mengenverhältnissen wieder wie in den gefärbten Präparaten, und es erweist sich damit ihre Fixierung und Färbung als völlig naturgetreu. Das bemerkenswerte Nebeneinander der großen dunkelgrünen Chloroplasten und der viel kleineren, zarten, gänzlich farblosen Chondriosomen in den ausgewachsenen Assimilationszellen tritt hier noch viel eindrucksvoller hervor. Wer dieses Hinundherwandern der Chondriosomen in der lebenden Zelle einmal gesehen hat, für den kann kein Zweifel an ihrer realen Existenz auch in vivo mehr bestehen, und der Einwand LUNDEGARDs (16), daß die beschriebenen Chondriosomen nur durch Fixierung deformierte Plastiden seien, erledigt sich damit von selbst.

Diese Beobachtungen machte ich sowohl an den Geweben junger Keimpflanzen, wie an älteren Sproßstücken fast erwachsener Pflanzen, nur in den jüngsten Geweben war mir keine sichere Beobachtung gelungen, weil es zu schwer ist, hinreichend dünne Schnitte mit trotzdem völlig intakten Zellen zu bekommen.

In einigen Zellen nimmt man noch etwas stärker lichtbrechende Tröpfchen von schwach grünlicher Färbung wahr, welche mit den Mitochondrien nicht zu verwechseln sind. Das Auftreten dieser Tröpfchen bedeutet, wie ich in Übereinstimmung mit LEWITSKY konstatieren konnte, das erste Anzeichen für das Absterben der Zellen. Es tritt wahrscheinlich durch das allmähliche Eindringen des Wassers, das auf die Chloroplasten wie auf die Chondriosomen zerstörend wirkt, eine Entmischung ein. Osmiumsäure schwärzt diese Tröpfchen, während die Chondriosomen ungefärbt bleiben. Bei fortschreitender Desorganisation beginnt das Plasma vakuolig zu werden, Chromatophoren und Chondriosomen zerfließen zu einer gleichmäßig grünen, körnigen Masse, in der nurmehr der gleichfalls granulös gewordene Kern zu unterscheiden ist.

An dem lebenden Material wurden dann noch einige weitere Versuche über das mikrochemische Verhalten der Chondriosomen angestellt, die allerdings noch nicht zu einer sicheren chemischen Definition derselben geführt haben. Ebensowenig konnte die Ausgangsfrage, ob Chromatophoren und Chondriosomen in den Jugendstadien vielleicht mikrochemisch unterscheidbar sind, zur Entscheidung gebracht werden, weil die Lebendbeobachtung eben nur an älteren Geweben sicher gelingt. So wurden die nachfolgenden Reaktionen an den Rindenzellen eines alten grünen Internodiums eines etwa 30 cm hohen Spargels vorgenommen.

Bemerkenswert ist das Verhalten gegen verdünnte Säuren und Alkali. 0,1 n. NaOH bringt die Chondriosomen zum Verschwinden. Ich glaube, beobachtet zu haben, daß der Auflösung ein rasches Aufquellen vorangeht. Dagegen werden sie von verdünnten Säuren nicht gelöst, sondern fixiert. Zusatz von 4 proz. Essigsäure vom Deckglasrande her läßt sie wohl durch die Gerinnselbildung im Cytoplasma etwas undeutlicher werden, sie bleiben aber dauernd unterscheidbar, und dasselbe Resultat erhielt ich selbst noch mit konzentrierter Essigsäure und ebenso mit 5 proz. HCl und HNO_3. Bei letzterer verändern die Chondriokonten allerdings ihre Gestalt durch Abrundung. Es ist bei diesen Versuchen natürlich notwendig, immer ganz bestimmte Chondriosomen im Auge zu behalten, um Täuschungen durch die Gerinnselbildungen zu entgehen. Dieses Verhalten gegenüber den Säuren steht im Einklang mit Resultaten von MIKOSCH (19), welcher auch seine „fädigen Plasmastrukturen" in den Epidermiszellen von *Sedum telephium* mit $1^1/_2$ proz. HNO_3 und 2 proz. Essigsäure usw. fixierte, es steht dagegen im Widerspruch zu den Resultaten LEWITSKYs, (13, 14)

welcher der Essigsäure eine spezifische „chondriosomenzerstörende" Wirkung zuschreibt und den Vorteil der „BENDAschen Flüssigkeit" gerade in der Reduktion des Essigsäuregehaltes erblickt.

Um diese Vermutung LEWITSKYs noch einmal zu überprüfen, habe ich völlig gleichwertige Stücke aus gleicher Höhe von einem älterem Spargelsproß in starkem Flemming mit verschiedenem Essigsäuregehalt fixiert, den ersten Teil in 15 ccm 1proz. Chromsäure + 4 ccm 2 proz. Osmiumsäure o h n e Essigsäure, den zweiten w. v. + 1 Tropfen (0,06 ccm) Eisessig, den dritten w. v. + 1 ccm Eisessig und die Stücke dann völlig gleichmäßig in gleichen Gefäßen und Flüssigkeiten weiter behandelt. Es ergab sich bei allen drei Partien keinerlei Unterschied in der Fixierung, die Chondriosomen waren überall gleich gut fixiert. Ich finde also keine Bestätigung für LEWITSKYs Annahme und die Frage bleibt noch offen, worauf das Gelingen und Nichtgelingen der Chondriosomenfixierung beruht.

Mit Sublimat und Platinchlorid konnte ich ebensowenig wie LEWITSKY Erfolge erzielen. Dagegen erweist sich J o d, in verdünnter Jodjodkaliumlösung vom Deckglasrande zugesetzt, als ausgezeichnet geeignet, die Chondriosomen unmittelbar unter dem Deckglas in den Schnitten zu fixieren. Sie heben sich dann durch etwas dunklere gelbliche Färbung und schärfere Lichtbrechung deutlich von dem schwachgefärbten Untergrunde ab. Auch 96prozentiger und absoluter Alkokol bringen die Chondriosomen in den Schnitten zur Fixierung, aber meist nur unter Schrumpfung und Formveränderung.

Ebenso bewirken verdünnter Alkohol, Äther- und Chloroformwasser eine tropfenförmige Abrundung der Stäbchen und Fäden, und das gleiche Resultat kann auch schon durch gelinde Erwärmung der Objektträger erzielt werden. Die Möglichkeit dieser Formveränderung von Chondriokonten zu runden Kugeln muß natürlich auch bei der Deutung der gefärbten Präparate im Auge behalten werden. Osmiumsäure wird, wie oben erwähnt, von den Chondriosomen nicht reduziert.

Ich habe meine Untersuchungen dann noch auf weitere Objekte ausgedehnt und konnte noch bei verschiedenen beliebig herausgegriffenen Pflanzen die Chondriosomen in lebenden Zellen auf das deutlichste beobachten, sodaß ich subjektiv die Überzeugung von ihrer sehr allgemeinen Verbreitung bei den Angiospermen gewonnen habe. So sah ich sie in den Epidermis- und Hypodermzellen von *Sedum reflexum* und *Echeveria glauca* in Übereinstimmung mit den Befunden von MIKOSCH (19) an *Sedum telephium*, weiter

in verschiedenen Grundgewebszellen von *Nymphaea alba vivipara.* und *Nuphar luteum,* in den Mark- und Rindenzellen älterer Internodien von *Aristolochia elegans* und *A. clematitis.* Ihre Erscheinung stimmt ganz mit den an *Asparagus* geschilderten Bildern überein. Es wäre wunderzunehmen, wenn diese so deutlich zu sehenden Gebilde früher ganz der Beobachtung entgangen wären, es lassen sich aber aus der älteren Literatur eine Menge Angaben zusammentragen, die sicher auf die Beobachtung solcher Chondriosomen zurückgehen. So verweise ich zur Vervollständigung der bisherigen Zusammenstellungen noch auf die „Nematoplasten" ZIMMERMANNs (29, S. 215), die er in den Haaren von *Momordica elaterium* und im Wurzelmeristem von *Vicia faba* lebend und nach Fixierung beobachtet hat, und gewiß ist auch ein Teil der abenteuerlichen „Kristallplastiden" WIGANDs (28), die gleichzeitig Kristalle und Bakterien sein sollen, hierher zu stellen.

Knospen beider Arten von *Aristolochia* und Keimlinge von *Cucurbita pepo* wurden auch wieder nach den bei *Asparagus* angegebenen Methoden fixiert und gefärbt. In den ausgewachsenen Zellen zeigt das Chondriom genau dasselbe Verhalten und Aussehen wie bei *Asparagus.* Vor allem ist auch hier wieder das übergangslose Nebeneinander von ausgewachsenen Chlorophyllkörnern und Chondriosomen in derselben Zelle zu konstatieren, das den Eindruck bestärkt, daß es sich um heterogene Gebilde handelt. Über den Entwicklungsgang in den Meristemgeweben konnte ich aus den Präparaten bisher noch keinen lückenlosen Aufschluß bekommen. Nach den bisherigen Ergebnissen scheinen aber auch hier in den embryonalen Zellen vorwiegend Körner und nicht Fäden aufzutreten und das Anfangsstadium der wieder frühzeitig getrennten Entwicklung zu bilden[1]).

Für die bisher aufgestellten Hypothesen über die Natur der Chondriosomen muß ein entscheidender Prüfstein noch in dem Verhalten der niederen Pflanzen, das bisher noch fast gar nicht beachtet wurde, gesucht werden.

---

1) Bei *Aristolochia elegans* fiel mir auch wieder die unverhältnismäßig große Häufigkeit von Teilungsfiguren der Chloroplasten in ausgewachsenen Geweben in die Augen. So enthielt die Epidermis und das Hypoderm eines älteren Stengelstückes kleine Chlorophyllkörner, die sich ausnahmslos alle im Teilungszustande befanden, d. h. Doppelkörner mit einer schmalen, farblosen Mittelzone bildeten. Im Rindengewebe waren die Teilungsfiguren nur vereinzelt, dafür war die doppelte Zahl von Chlorophyllkörnern vorhanden. Im Mark fanden sich wieder fast ausschließlich nur Doppelkörner. Da in diesem ausgewachsenen Stengelstück offenbar seit langem keine Zellteilung mehr stattgefunden hatte, spricht dieses wieder dafür, daß hier der endgültige

Wenn die Chondriosomen tatsächlich ein allgemeines Elementarorgan des Cytoplasmas darstellen, das der Tier- und Pflanzenzelle gemeinsam ist, dann müssen wir sie auch bei allen niederen Pflanzen, unter anderen auch bei den nicht grünen, den Pilzen, wiederfinden; wenn sie nur bestimmte Entwicklungszustände der Plastiden bilden, dann werden wir sie bei den Pilzen kaum zu erwarten haben — es sei denn als phylogenetisches Relikt — und noch weniger bei jenen Algen, welche nur einen oder wenige große Chromatophoren besitzen. Bei solchen Pflanzen mit genau bekannter Chloroplasten-Entwicklung nach den Chondriosomen zu suchen, wäre von besonderem Interesse.

Von solchen Fragen ausgehend, habe ich meine Untersuchungen noch auf eine Anzahl von Kryptogamen auszudehnen versucht.

In der Literatur finde ich nur vereinzelte Angaben, die als Beobachtung von Chondriosomen bei Kryptogamen gedeutet werden könnten. So sei in erster Linie auf die schönen Chondriomiten hingewiesen, die PENSA (23) in gewissen Gefäßbündelzellen von *Scolopendrium* abbildet. GUILLIERMOND hat Chondriosomen in den Asci von *Pustularia vesiculosa* gefunden, die diesbezügliche Arbeit (6) konnte ich leider nicht selbst einsehen. In letzter Zeit hat BALLY (1) wieder „Chromidien" in Chytridineenzellen angegeben, die aus dem Kern ausgestoßen sein sollen. Es ist aber sehr unwahrscheinlich, daß sie mit den Chondriosomen in Beziehung zu bringen sind, und BALLY lehnt selbst auch einen Vergleich mit den bisher beschriebenen pflanzlichen Chondriosomen ab. Aus der älteren Literatur dürfte aber Angaben von BERTHOLD (3, S. 59 ff.) Bedeutung beizulegen sein, welcher „massenhaft glänzende, homogene Fädchen von verschiedener Länge, oft mit torulosen Auftreibungen" im Plasma von *Bryopsis*, *Vaucheria*-Arten, Saprolegnien, *Ceramium* und *Callithamnium* beobachtet hat. Dieselben sollen vielfach ihre Gestalt wechseln, oft auch als runde Tröpfchen erscheinen, die sich wieder zu Fädchen ausziehen können, und mit der Plasmaströmung

---

Vollzug der letzten Chloroplastenteilung sehr lang hinausgezogen und der Teilungszustand fast zu einem Dauerstadium geworden ist. Ebenso zeigten in älteren Blattfiedern von Cycadeen (*Cycas circinalis* und *revoluta*, *Zamia* und *Ceratozamia*) die Chloroplasten der verholzten, also sicher nicht mehr teilungs- und wachstumsfähigen Schwammparenchymzellen fast durchwegs die Form von Doppelkörnern, von gestreckten Bisquits, von Hanteln mit langgezogenem, oft gekrümmten Mittelstück oder ganz unregelmäßige Form. Die Erscheinung ist hier so allgemein, daß diese Chloroplastengestaltung hier fast zum Familiencharakter wird.

sich gleitend hin und her bewegen. Durch Osmiumsäure, Jod und Sublimat konnte er sie fixieren. Vielleicht können auch die Karyoiden PALLAs (21) mit den Chondriosomen in eine Beziehung gebracht werden, ebenso viele der Physoden CRATOs, und gewiß werden sich noch manche andere ähnliche Angaben finden[1]).

Ich selbst fixierte nach den eingangs angegebenen Methoden zunächst Sproßspitzen von *Mnium cuspidatum*, *Selaginella erythropus* und *Chara*, konnte aber keine Spur von Chondriosomen finden. Ich möchte aber aus diesen negativen Erfolgen noch keinen Schluß ziehen, da es sehr leicht möglich ist, daß die angewendeten Methoden diesen Objekten nicht angepaßt waren.

Bei *Mnium cuspidatum* fand ich im Innern des Stämmchens die Chloroplasten zu fast fadendünnen Spindeln ausgezogen, wie es ähnlich SENN (26, S. 22, Fig. 14) schon von *Funaria* abgebildet hat. Die Chloroplasten sind dabei reihenweise an dicken Plasmasträngen angeheftet. Nach außen hin gehen sie wieder in dem Maße, in dem die Streckung der Zellen abnimmt, in normale Körner über. Das Bild erinnert auffällig an die Figuren PENSAs, die den allmählichen Übergang und Zerfall von Chondriomiten in Chloroplasten bei *Scolopendrium* und *Aspidium* (23, Fig. 3, 4) veranschaulichen sollen. Hier bei *Mnium* ist es ganz offenkundig, daß es sich nur um eine passive Dehnung der Chlorophyllkörner handelt.

Es wurden dann weiter Mycelien von *Mucor mucedo*, Schnittserien durch den Hut von *Agaricus campestris* und Fäden von *Spirogyra* in BENDAscher Flüssigkeit fixiert und nach der Mitochondrien- und anderen Färbungsmethoden gefärbt. Es zeigte sich aber auch hier nichts, das als Chondriosomen hätte gedeutet werden können, trotzdem Fixierung und Färbung im übrigen gut ausgefallen waren. Einen gewissen positiven Erfolg hatte ich aber bei jenen Objekten, wo schon BERTHOLD die chondriosomenähnlichen Gebilde beschrieben hat, bei *Vaucheria* und *Achlya*.

In den Hyphen einer auf Mehlwürmern gewonnenen *Achlya*, deren Artzugehörigkeit ich mangels der Sexualorgane nicht näher bestimmen konnte, sah man schon mit schwacher Vergrößerung eine auffällige fädige Struktur im Cytoplasma, die sich dann bei stärkerer Vergrößerung in zahllose kurze, scharf umrissene, isolierte Fädchen auflöste, die ganz das Aussehen von Chondriokonten und

1) So sei noch auf die amöboiden Eiweißkörperchen hingewiesen, welche J. SCHILLER (Jahrb. f. w. Bot. 1911, S. 267) bei *Antithamnion* und FAMINCYN (Ber. d. d. Bot. Ges. 1912, 431) bei *Bryopsis* beobachtet haben.

Chondriomiten höherer Pflanzen zeigten, nur im Durchschnitt etwas größer waren (Fig. 8a). Sie liegen in der Strömungsrichtung des Plasmas gestreckt und sind bald gleichmäßig dick, bald an den Enden zugespitzt oder angeschwollen, kürzer oder länger. Dazwischen liegen vereinzelte runde Bläschen. An anderen Stellen der Hyphe (Fig. 8b) trifft man wieder fast nur runde Tröpfchen, und näheres Zusehen ergibt, daß die langen Fädchen nur durch Ausziehen der runden Bläschen durch die Plasmaströmung zustandekommen[1]). Diese Gebilde lassen sich mit BENDAscher Flüssigkeit ausgezeichnet fixieren und genau wie die Chondriosomen mit Eisenhämatoxylin oder Kristallviolett nach BENDA intensiv färben. Ebenso werden sie durch Jod momentan fixiert und heben sich dann mit gelbbraunem Stich noch deutlicher ab.

Ähnliche, gleich färbbare, nur etwas kleinere Bläschen habe ich dann auch bei *Vaucheria* gefunden (Fig. 9). Es empfiehlt sich, zur Untersuchung intakte Fadenstellen, wo die Chlorophyllkörner möglichst schütter liegen, auszusuchen. Hier zeigen sich zwischen den Chloroplasten, Zellkernen und Öltröpfchen zarte Kügelchen von etwas schwankender Größe, etwas größer als die Mitochondrien der höheren Pflanzen. Sie werden von der Plasmaströmung in etwas rascherem Tempo als die Chromatophoren mitgerissen und dabei kommt es wieder öfter zu Gestaltsveränderungen und fädigen Ausziehungen, besonders wenn sie zwischen die Chloroplasten hindurchgepreßt werden. Auch diese Gebilde lassen sich mit „Benda", Alkohol oder Jod fixieren und intensiv mit Hämatoxylin oder Kristallviolett färben. Es genügte, nur eine Spur Kristallviolett der Eisenbeize zuzusetzen, um eine intensive Farbstoffspeicherung zu erzielen. In Fig. 9 sind sie in fixiertem und dadurch etwas geschrumpftem Zustand gezeichnet.

Nach der eingangs gegebenen weiten Definition muß ich auch diese Inhaltskörper von *Achlya* und *Vaucheria* konsequenterweise als „Chondriosomen" bezeichnen. Solange diese Fälle aber vereinzelt bleiben, trage ich noch schwere Bedenken, sie für homolog mit den Chondriosomen der höheren Pflanzen zu erachten. Ebensowenig möchte ich aber in den negativen Resultaten mit Pilzen und *Spirogyra* schon eine endgültige Entscheidung erblicken. Es

1) Ähnliches Ausziehen von Tropfen zu langen gewundenen Fäden, welche wieder in einzelne Tröpfchen zerfallen können, beschreibt HUGO DE VRIES bei der Aggregation des Protoplasma von *Drosera*-Tentakeln. (Bot. Ztg. 1886, S. 26, T. I, Fig. 9—11.) Man könnte an diese Möglichkeit auch bei den Chondriomiten der höheren Pflanzen denken, doch ist hier die Masse der Fäden viel größer als die der Körner.

müssen erst noch weit mehr Beobachtungen und Kriterien zusammenkommen und die Frage nach der Existenz von Chondriosomen bei den Thallophyten muß vorläufig noch offen bleiben.

Die eine Tatsache aber ist sicher, daß in der Reihe der Algen, wo die Chloroplasten-Entwicklung so leicht zu überblicken ist, bis zu den Primitivtypen herab kein Fall bekannt ist, wo eine Neubildung von Chromatophoren aus andersartigen Elementarorganen des Cytoplasma stattfände. — Der unvollständig differenzierte Chromatophor von Hydrodictyon und anderen läßt sich gewiß nicht im Sinne der Chondriosomenlehre verwerten. — Immer stammen die Chromatophoren der Tochterpflanze direkt durch einfache Teilung von den Chromatophoren der Mutterpflanze ab, und in den generativen Zellen lassen sich immer deutliche, wenn auch manchmal etwas verkleinerte Chromatophoren nachweisen[1]). Auch für die Moose und Pteridophyten ist dies in zahlreichen Fällen sichergestellt. Ich verweise nur unter anderen auf die im Vorjahre erschienene Arbeit von A. A. SAPĚHIN (24), derzufolge sich der ganze Chlorophyllapparat der Laubmoospflänzchen von einem Chromatophor der Spore durch Teilung ableitet, ferner auf das Material, das NĚMEC im 15. Kapitel seines zitierten Werkes (20) zusammengetragen hat. Die SCHIMPER-MAYERsche Theorie hat uns ja gerade deshalb so befriedigt, weil sie diese für die niederen Pflanzen offenkundige Kontinuität und Individualität der Chroma-

1) Für diese Erwägungen sind die jüngst erschienenen Untersuchungen von CHARLOTTE TERNETZ über die Plastiden grüner und farbloser Formen von *Euglena gracilis* (Jahrb. f. w. Bot. LI., 1912, S. 435), von denen ich erst während der Drucklegung d. A. Kenntnis erhielt, von besonderem Interesse. Bei der „hyalinen Dunkelform" beobachtete die Verf. nach Färbung mit Nigrosin „zahlreiche winzige, aber scharf umschriebene tiefblaue Punkte" im Plasma, welche sie für die Pyrenoide der Leukoplasten hält, mit der Bemerkung, „das Bild zeige eine überraschende Ähnlichkeit mit der von LEWITSKY wiedergegebenen Figur einer Chondriokonten führenden, jungen *Elodea*zelle." Aus den weiteren Ausführungen geht aber klar hervor, daß diese Gebilde keineswegs im LEWITSKYschen Sinne, d. h. als immanente Bestandteile des plasmatischen Grundgerüstes gedeutet werden können und daß nur von Leukoplasten und Pyrenoiden im alten Sinne gesprochen werden kann. Die zahlreichen kleinen Leukoplasten dieser Form können bei der normalen, grünen Form durch 1 bis wenige große Chromatophoren vertreten sein, je nach der Teilungsgeschwindigkeit, und es werden auch Formen (hyaline Lichtform) abgespalten, welche gar keine Plastiden oder Ähnliches enthalten, weil sie bei der Teilung leer ausgingen. Gerade diese Arbeit spricht wieder klar für die „Selbständigkeit des Assimilationsapparates als Organismus im Organismus" (l. c. S. 498) und zeigt, daß die Chondriosomentheorien auf die niederen Algen nicht angewendet werden können.

tophoren auch für die Phanerogamen angibt und somit auch die Kontinuität der phylogenetischen Entwicklungskette der Chromatophoren bis zu den höchsten Pflanzen fortsetzt. Demgegenüber muß es uns als ein großer phylogenetischer Sprung erscheinen, wenn nach der Chondriosomenlehre bei den Phanerogamen die Chromatophoren nicht aus ihresgleichen, sondern durch immer wiederholte Neubildung aus andersartigen Elementarbestandteilen des Cytoplasma oder aus dem Grundgerüst desselben hervorgehen sollen.

Auch GUILLIERMONDs Angabe, daß die Kontinuität der Chromatophoren durch die der Mitochondrien zu ersetzen sei, mit der Entwicklungskette: Chromatophoren durch Umbildung aus Mitochondrien der Embryonalzellen, diese durch Teilung von Mitochondrien der Mutterpflanze, wobei er eine Homologie mit den tierischen Mitochondrien annimmt, behebt dieses phylogenetische Bedenken nicht Da bei den niederen Pflanzen der Entwicklungsgang immer lautet: Chromatophoren nur aus Chromatophoren, so würden demnach die Chromatophoren der höheren und niederen Pflanzen verschiedenen Ursprungs sein und könnten kaum mehr für homolog untereinander gehalten werden. Der phylogenetische Riß zwischen Kryptogamen und Phanerogamen bliebe bestehen. Gerade bei den niederen Algen begegnen wir häufig einfachen großen Chromatophoren in Einzahl, das macht auch die Annahme einer phylogenetischen Entstehung der Algenchromatophoren aus Chondriosomen höchst unwahrscheinlich.

Die andere Annahme, daß die Chondriosomen der höheren Pflanzen nur jugendliche Entwicklungszustände der Plastiden seien, würde diese bedenklichen stammesgeschichtlichen Konsequenzen eher umgehen und auch unserer Erfahrung entsprechen, daß die embryonale Reduktion bei den höheren Pflanzen viel weiter geht als bei den niederen, doch wird diese Deutung, wie schon oben erörtert, immer durch das Fortbestehen dieser „embryonalen Chloroplastenanlagen“ neben den erwachsenen Chlorophyllkörnern in denselben ausgewachsenen Zellen unwahrscheinlich gemacht und sie würde endgiltig widerlegt sein, wenn sich einmal die Existenz von Chondriosomen bei Algen neben ihren einfachen großen Chromatophoren, die auf keiner Entwicklungsstufe eine solche Rückverwandlung in einem embryonalen Zustande erfahren, bestätigt.

Alle diese Schwierigkeiten entfallen aber bei der hier vertretenen Auffassung, daß zwischen Chondriosomen und Chromatophoren kein entwicklungsgeschichtlicher Zusammenhang besteht,

daß wir für die Chromatophoren an der altbewährten SCHIMPER-schen Theorie weiter festhalten, für die Chondriosomen aber nach neuer Aufklärung über ihre Natur und Bedeutung suchen.

Ich bin mir wohlbewußt, in der Chondriosomenfrage keine unzweideutige endgültige Entscheidung gebracht zu haben und muß mich begnügen, auf diese Deutungsmöglichkeit der Tatsachen und ihre hohe Wahrscheinlichkeit aus entwicklungs- und stammesgeschichtlichen Gründen hingewiesen zu haben. Auch hier wird erst das Zusammenarbeiten vieler die Klärung bringen. Daß die Existenz der „Chondriosomen" überhaupt bei vielen Phanerogamen der verschiedensten Verwandtschaftskreise sichergestellt ist, das ist das einzige feststehende, aber auch bedeutungsvolle Resultat aller bisherigen Arbeiten.

Zusammenfassung.

Es wurde eine Nachuntersuchung des von LEWITSKY zuerst geschilderten Entwicklungsganges der Chromatophoren und der Chondriosomen bei *Asparagus officinalis* durchgeführt mit folgendem Ergebnis:

Im Urmeristem des Vegetationspunktes finden sich als Anfangsstadium der Entwicklung vorwiegend nur Körnchen von etwas verschiedener Größe. Gestreckte Formen sind nur vereinzelt beigemischt und können als Teilungsfiguren der Körner gedeutet werden.

Einige der Körner wachsen rasch heran, vermehren sich durch Teilung und werden zu Chromatophoren (Chloroplasten, Leucoplasten). Die Teilungsfiguren sind bisweilen — auch in älteren Geweben — stark in die Länge gezogen, sodaß sie sich Stäbchen- und Fadenformen mit angeschwollenen Enden annähern, besonders häufig in den gestreckten Zellen der Gefäßbündel, doch sind alle Übergänge zu normalen Teilungsfiguren vorhanden.

Die restlichen Körner der Meristemzellen verharren in ihrer ursprünglichen Größe, vermehren sich, der Zellteilung folgend, durch Teilung, und gelangen so ebenfalls in alle Zellen. Aus ihnen gehen kürzere und längere Fäden hervor, die aber erst in einiger Entfernung vom Vegetationspunkt in größerer Häufigkeit und zunehmender Länge auftreten. Es ist wahrscheinlich, daß die Fäden unvollständig durchgeteilte Ketten der kleinen Körner vorstellen. Diese Gebilde werden auch hier als Chondriosomen bezeichnet (Mitochondrien, Chondriokonten, Chondriomiten).

Die Chondriosomen finden sich in allen Zellen aller Kategorien, auch in den ausgewachsenen Geweben, Körner und verschieden lange Fäden nebeneinander in derselben Zelle, längere Fäden vorwiegend in den inneren Geweben.

In den ausgewachsenen Rinden- und Markzellen sieht man die erwachsenen Chlorophyllkörner und die Chondriosomen übergangslos nebeneinander, in den gestreckten Zellen der Gefäßbündel und begleitenden Gewebe kann durch die langgezogenen Teilungsfiguren der Chromatophoren ein Übergang vorgetäuscht werden.

Wenn auch die Anlagen beider Gebilde in den Meristemzellen morphologisch und färberisch nicht sicher unterschieden werden können, so spricht sich doch in ihrer frühzeitig getrennten, verschiedenen Nebeneinanderentwicklung eine innere Verschiedenheit aus. Dem Verfasser erscheint es daher viel wahrscheinlicher, daß Chromatophoren und Chondriosomen Gebilde verschiedener Natur sind und kein genetischer Zusammenhang zwischen ihnen besteht. Niemals ist eine vollzählige Umbildung aller Chondriosomen in Chromatophoren zu konstatieren.

Die Chondriosomen wurden auch lebend in verschiedenartigen Zellen von *Asparagus* sicher beobachtet. Sie wurden auch bei mehreren anderen Angiospermen verschiedenster Verwandtschaftskreise lebend und gefärbt konstatiert.

Für ihre Deutung wäre es von entscheidender Wichtigkeit, ihr Vorkommen und Verhalten bei den niederen Pflanzen, besonders Algen und Pilzen, zu untersuchen. Verfasser hat chondriosomenähnliche Gebilde von gleichem färberischen Verhalten bei *Achlya* und *Vaucheria* konstatiert. Bei *Mnium*, *Selaginella*, *Chara*, *Psaliota campestris*, *Mucor* und *Spirogyra* konnten sie bisher nicht nachgewiesen werden.

Für die Ablehnung des genetischen Zusammenhanges von Chromatophoren und Chondriosomen werden noch phylogenetische Erwägungen geltend gemacht.

Prag, Pflanzenphysiolog. Institut der deutschen Universität,
Oktober 1912.

Literatur.

1. W. Bally, Cytolog. Studien an Chytridineen Jahrb. f. w. Bot. Bd. 50, 1911, S. 123.
2. Benda, Die Mitochondrien. Ergeb. d. Anat. u. Entwg. Bd. 12, 1902.
3. Berthold, Studien über Protoplasmamechanik. 1886.

4. E. CRATO, Beitr. z. Anatomie und Physiologie des Elementarorganismus. COHNs Beitr. z. Biologie d. Pflanzen. 7. B. 1896.
5. A. FORENBACHER, Die Chondriosomen als Chromatophorenbildner. Ber. d. d. bot. Ges. 29. Bd. 1911, S. 644.
6. A. GUILLIERMOND, Sur les mitochondries des cellules végétales. Comptes rendus d. l'acad. d. sciences. Bd. 153, 1911. S. 199.
7. A. GUILLIERMOND, Sur la formation des chloroleucites aux dépends des mitochondries. Ebenda S. 290.
8. A. GUILLIERMOND, Sur l'origine des leucoplastes etc. Ebenda Bd. 153, 1911. S. 1492.
9. A. GUILLIERMOND, Sur les mitochondries des organes sexuels des végétaux. Ebenda Bd. 154, 1912. S. 888.
10. A. GUILLIERMOND, Sur les leucoplastes de *Phajus grandifolius* et leur identification avec les mitochondries. Ebenda Bd. 154, 1912. S. 286.
11. A. GUILLIERMOND, Sur le mode de formation du pigment dans la racine de carotte. Ebenda Bd. 155, 1912. S. 411.
12. KÜSTER, Über Inhaltsverlagerungen in plasmolys. Zellen. Flora, Bd. 100. 1910. S. 267.
13. G. LEWITSKY, Über die Chondriosomen in pflanzl. Zellen. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. 28, 1910. S. 538.
14. G. LEWITSKY, Vergleichende Untersuchungen über die Chondriosomen in lebenden und fixierten Zellen. Ebenda Bd. 29, 1911. S. 685.
15. G. LEWITSKY, Die Chloroplastenanlagen in lebenden und fixierten Zellen von *Elodea canadensis*. Ebenda Bd. 29, 1911. S. 697.
16. H. LUNDEGÅRD, Ein Beitrag zur Kritik zweier Vererbungshypothesen. Jahrb. f. w. Bot. Bd. 48, 1910. S. 285.
17. A. MAYER, Das Chlorophyllkorn. Leipzig 1883.
18. K. MIKOSCH, Über Vermehrung der Chlorophyllkörner durch Teilung. Österr. bot. Zeitschr. 1887. S. 42.
19. K. MIKOSCH, Über Strukturen im pflanzl. Protoplasma. Verh. d. Ges. d. Naturf. u. Ärzte, 66. Vers. z. Wien, 1894. II. Teil, 1. Hälfte. S. 179.
20. B. NĚMEC, Das Problem der Befruchtungsvorgänge. Berlin 1910.
21. E. PALLA, Über ein neues Organ der Conjugatenzelle. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. 12, 1894. S. 153.
22. A. PENSA, Alcune formacioni endocellulari dei vegetali. Anat. Anzeiger. Bd. 37, 1910. S. 325.
23. A. PENSA, Ancora di alcune formazioni endocellulari dei vegetali. Ebenda Bd. 39, 1911. S. 520.
24. A. A. SAPĚHIN, Über das Verhalten der Plastiden in sporogenen Geweben. Ber. d. d. bot. Ges. Bd. 29, 1911. S. 491.
25. E. W. SCHMIDT, Pflanzliche Mitochondrien. Progressus rei botanicae. Bd. 4, 1912 S. 163.
26. E. W. SCHMIDT, Neuere Arbeiten über pflanzliche Mitochondrien. Zeitschr. f. Bot. Jahrg. 4, 1912. S. 707.
27. G. SENN, Die Gestalts- und Lageveränderungen der Pflanzenchromatophoren. Leipzig 1908.
28. VOUK, Laubfarbe und Chloroplastenbildung bei immergrünen Holzgewächsen. Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. Wien, math.-nat. Kl., 117. Bd. I. Abt., 1908. S. 1372.

29. A. WIGAND, Über Kristallplastiden. Botan. Hefte, Marburg 1887. II. Heft. S. 44.
30. A. ZIMMERMANN, Sammelreferat aus dem Gesamtgebiet der Zellenlehre. Beihefte z. Bot. Centralb., Bd. 3, 1893. S. 215.

Erklärung der Tafel XVIII.

Alle Figuren sind mit ABBÉschem Zeichenapparat nach fixierten und gefärbten Präparaten gezeichnet.

Fig. 1—7. *Asparagus officinalis*, 20 cm hoher Erneuerungssproß. ZEISS-Apochromat 2 mm, Compens.-Okular 12, Tubusl. 160 mm.

Fig. 1. Dermatogen- und Periblemzellen vom Scheitel des Vegetationskegels.

Fig. 2 u. 3. Rindenzellen aus der Zone beginnender Differenzierung, ca. 540 μ vom Scheitel des Veg.-Kegels entfernt, sie zeigen Wachstum und Entwicklung der Chloroplasten neben den Chondriosomen. 2. Entwicklungsstadium.

Fig. 4. Zelle aus einem Procambiumsstrang, 760 μ unter d. Sch. d. Veg.-Kegels. Streckung der Chromatophoren - Teilungsfiguren (Ct.) Zunehmende Häufigkeit und Länge der Chondriokonten (Ck).

Fig. 5. Zelle aus dem entwickelten Assimilationsgewebe, ca. 3 cm unter dem Scheitel. Chloroplasten fast erwachsen, Chondriosomen wie ursprünglich.

Fig. 6. Zelle aus dem inneren Markgewebe, Chloroplasten mit gestreckten Teilungsfiguren, Mitochondrien, Chondriokonten und lange Chondriomiten.

Fig. 7. Zelle einer Gefäßanlage mit begleitenden Parenchymzellen aus einem jungen Gefäßbündel, ca. 1 cm unter d. Sch. Chondriosomen und kleine Leucoplasten.

Fig. 8a u. b. *Achlya*. Cs-„Chondriosomen“ bei a in Faden- bei b in Tropfenform. n Kern. Apochrom. 2 mm, Compens.-Okular 12.

Fig. 9. *Vaucheria*. Cl. Chloroplasten, Ck. „Chondriosomen,“ K. Kerne. Apochromat. 2 mm, Huygh. OK. 4.

77. Th. M. Porodko: Vergleichende Untersuchungen über die Tropismen.

III. Mitteilung.

Das Wesen der traumatropen Erregung bei den Pflanzenwurzeln.

(Eingegangen am 22. November 1912.)

Einleitung und Methodisches.

Tropistische Bewegungen werden bekanntlich nach den sie auslösenden Energieformen klassifiziert. Jeder Tropismus faßt danach diejenigen Krümmungsreaktionen zusammen, die durch eine ungleichmäßige Verteilung einer bestimmten Energieart veranlaßt werden. Von diesem Standpunkt aus stellt der Traumatropismus einen Sammelbegriff vor. Denn als traumatrope bezeichnet man bekanntlich[1]) jene Krümmungsreaktionen, die durch lokalisierte und einseitige Verletzungen des Vegetationspunktes der Wurzel ausgelöst werden. Indessen können die Verletzungen auf verschiedene[2]) Weise bewirkt werden. Die üblichen Verletzungsverfahren lassen sich aber immer auf eine traumagene Einwirkung entweder der mechanischen oder der thermischen oder endlich der chemischen Energie zurückführen.

Bei der Ausführung vorliegender Untersuchungen hatte ich auf diese Eigentümlichkeit des Traumatropismus eine besondere Rücksicht zu nehmen. Insofern als es mir auf die Aufklärung der traumatropen Erregungsvorgänge ankam, mußte ich dieselben zunächst differenzieren, und zwar dahin, daß diese Vorgänge für jede der drei genannten traumagenen Energieeinwirkungen gesondert zu erörtern waren.

Der Kürze halber gebrauche ich weiterhin die Ausdrücke: mechanischer, thermischer und chemischer Traumatropismus.

Vorliegende Untersuchungen sind unter genauer Anwendung der früher[3]) beschriebenen Methodik ausgeführt. Allein die Reizungsweise mußte sachgemäß modifiziert werden.

1) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, II. Aufl., Bd. 2, S. 590.
2) Spalding, Ann. of Botan. 1894, vol. 8, p. 425—426.
3) Porodko, Diese Berichte, Bd. 0, S. 17—19.

Für mechanische Verletzungen benutzte ich das Anschneiden mit dem Rasiermesser. Die Operation war immer einseitig und erstreckte sich in der Regel auf den letzten Millimeter der Wurzelspitze. Die Tiefe des Anschnitts ließ sich begreiflicherweise nur annähernd regulieren.

Um thermische Verletzungen zu bewirken, brachte ich die Wurzelspitze in Berührung entweder — wie üblich — mit einem rotgeglühten dünnen Glasstäbchen, oder mit dem Gefäß eines entsprechend erwärmten Quecksilberthermometers, oder — wie früher[1]) — mit der Außenwand eines das heiße Wasser enthaltenden Glaskolbens. Die beiden letzteren Verfahren gestatteten zugleich eine Regulierung der Reizintensität.

Für chemische Verletzungen verwendete ich entweder das Ätzen mit Höllenstein oder — wie früher[2]) — das Berühren der Wurzelspitze mit kleinen Filtrierpapierstückchen, die vorher mit der wäßrigen, beliebig konzentrierten Lösung von Silbernitrat befeuchtet wurden.

Die zu verletzende Wurzelseite machte ich durch Anbringen einer Tuschemarke kenntlich, wobei die früher[3]) beschriebenen Kautelen erfüllt wurden.

In jenen Versuchen, wo der Verletzung eine Bearbeitung der Wurzelspitze mit den Lösungen vorangehen mußte, verfuhr ich ebenso wie früher[4]).

In den vorliegenden Untersuchungen experimentierte ich größtenteils mit den ca. 10—20 mm langen Keimwurzeln von *Lupinus albus*. Wenige Versuche wurden ebenfalls mit Keimlingen von *Helianthus annuus* angestellt.

Über den mechanischen Traumatropismus.

An die Aufklärung der diesem Tropismus zugrunde liegenden Erregungsvorgänge konnte ich nicht direkt herantreten. Vorläufig waren einige Bedenken zu prüfen, die sowohl in bezug auf die selbständige Existenz eines solchen Traumatropismus als auf Bedingungen und Verlauf der betr. Krümmungsreaktion aufgetaucht sind.

1. Man nimmt an, die durch Anschneiden der Wurzelspitze veranlaßte Krümmung sei eine Folge dieser mechanischen Verletzung. Indessen dürfte hierbei die Möglichkeit einer chemischen

1) Porodko, a. a O. S. 306.
2) Porodko, a. a. O. S. 18.
3) Porodko, a. a. O. S. 306.
4) Porodko, a. a. O. S. 313.

Reizung nicht ausgeschlossen sein. Denn man führt das Anschneiden mit einem Rasiermesser aus, wobei der saure aus den zerschnittenen Zellen heraustretende Saft das Eisen des Messers zum Teil auflösen dürfte. Dann würden die Eisenverbindungen einseitig auf die Wurzelspitze einwirken und meinen früheren[1]) Angaben gemäß eine negativ gerichtete chemotrope Krümmung veranlassen. Eine mechanische Verletzung für sich allein wäre dabei ohne Bedeutung.

Um diese Vermutung zu prüfen, nahm ich beim Anschneiden der Wurzelspitze vom Rasiermesser Abstand und verletzte mittels einer scharfen Kante des gewöhnlichen Deckgläschens. Waren nun solche Verletzungen nicht allzu oberflächlich, so traten negative Krümmungen ein, die sich von den durch das mäßige Anschneiden mit dem Rasiermesser veranlaßten in keiner Beziehung unterschieden. Hieraus ergibt sich, daß die obige Vermutung nicht stichhaltig ist.

2. Beim Anschneiden der Wurzelspitze wird eine Anzahl der Zellen zerstört. Der austretende Saft diffundiert z. T. in angrenzende intakte Zellen hinein. Setzt man nun voraus, daß sich eiweißkoagulierende Stoffe in diesem Saft befinden, so würde die eintretende Krümmung als negativ chemotrope[2]) anzusehen sein.

Um diese Vermutung zu prüfen, verfuhr ich folgendermaßen. Ich dekapitierte eine Anzahl der *Lupinus*wurzeln. Die abgeschnittenen ca. 1—1 ½ mm langen Spitzen wurden dann im Achatmörser fein zerrieben. Der ausgepreßte sehr dickflüssige Saft wurde mit ein paar Tropfen Wasser verdünnt. Mit diesem Saft befeuchtete ich die Papierstückchen und legte sie auf die Spitzen der intakten *Lupinus*wurzeln einseitig auf. Die Mehrzahl diesbezüglicher Versuche ergab negative Resultate. Die Wurzeln wuchsen gerade weiter oder wurden zuweilen ganz schwach negativ abgelenkt.

Aus dem Ergebnis der sub 1 und 2 angeführten Versuche geht hervor, daß für den Eintritt der mechanisch-traumatropen Krümmungen eben eine einseitige mechanische Verletzung der Wurzelspitze maßgebend ist.

3. Es wird bekanntlich als sicher angenommen, daß die traumatrope Krümmung nur dann eintreten kann, wenn der Vegetationspunkt der Wurzel verletzt wird. Die Verletzungen der Haubenzellen allein sollten danach keine traumatrope Krümmung zur Folge haben. Diese Angaben stammen bekanntlich von

1) Porodko, a. a. O S. 23.
2) Porodko, a. a. O. S. 26.

SPALDING[1]) her. Sie schienen mir einer Nachprüfung bedürftig zu sein, und zwar aus folgenden Gründen.

Zunächst sind diesbezügliche Angaben SPALDINGs einander widersprechend. Auf S. 432 lesen wir: „It is perfectly certain that the root-cap may be cut deeply without curvature following." Demgegenüber wird auf S. 434 geschrieben: „. . . . there could be no doubt that those (i. e. specimens of *Vicia Faba*) wounded deeply enough to cut the growing-point itself showed more pronounced traumatropic curvature, and in a greater number of cases, than those in which the root-cap alone was wounded."

Sodann wurden die Beobachtungen SPALDINGs makroskopisch gemacht, wobei auch für eine fortwährende Registrierung des Krümmungsgangs nicht gesorgt wurde.

Unter diesen Umständen war es von vornherein zu erwarten, daß die Krümmungsreaktion sogar einem oberflächlichen Anschneiden der Wurzelspitze folgen werde, aber in so schwacher und ephemerer Weise, daß sie sich nur unter Zuhilfenahme einer ununterbrochenen mikroskopischen Kontrolle beobachten ließe.

Experimentelle Prüfung bestätigte diese Erwartung. Obschon ich von der Wurzelspitze ganz oberflächliche, möglichst dünne Abschnitte entfernte, konnte immerhin ich im Mikroskop negative Ablenkung der Wurzel konstatieren. Mitunter traten negative Krümmungen ein, die nach dem Erreichen eines 10—15 ° betragenden Ablenkungswinkels schnell ausgeglichen wurden. Die ganze Krümmungsreaktion dauerte in der Regel kaum mehr als etwa 2—3 Stunden. Dasselbe Resultat, wenn auch in noch schwächerem Grade, wurde selbst dann erzielt, wenn durch ein vorsichtiges mittels Messers oder Deckgläschens ausgeführtes Kratzen oder Schaben der Wurzelspitze höchstens die Haubenzellen verletzt werden konnten. Vorgreifend sei bemerkt, daß die durch obige gelinde Verletzungen veranlaßten Krümmungen bedeutend verstärkt werden können, wenn man die Wurzelspitzen mit den entsprechenden Lösungen vorher bearbeitet. Analog verhalten sich die Wurzeln auch bei den tieferen Anschnitten, was eine prinzipielle Ähnlichkeit aller durch mechanische Verletzungen veranlaßten Krümmungen beweist.

4. Mechanisch-traumatrope Krümmungen verlaufen nach WIESNER[2]) in zwei Phasen, wobei eine positive Ablenkung der negativen vorangeht und im oberen Teil der Wurzel lokalisiert ist.

1) a. a. O. S. 431—434.

2) Sitzungsber. Wiener Akademie 1884, Bd. 89, S. 227 u. ff.

Unter den Bedingungen meiner Versuchsanstellung konnte ich jedoch diesen Doppelcharakter der traumatropen Krümmungsreaktion niemals konstatieren. Es kann keine Rede davon sein, daß die positive Ablenkungsphase irgendwie übersehen werden konnte. Denn es liegt ja im Wesen meiner Methodik, daß der Verlauf tropistischer Krümmungen schrittweise und mikroskopisch verfolgt wird. Freilich, man kann diese Phase leicht einschalten, aber nur dann, wenn man eine unpassende Tuschemarkierung der zu verletzenden Wurzelseite vornimmt. Man beobachtet dann dieselben Eigentümlichkeiten, welche ich früher[1]) beschrieben habe. Ich lasse es dahingestellt, ob die in Rede stehenden Angaben WIESNERs durch einen analogen Umstand kompliziert wurden, möchte aber ausdrücklich betonen, daß die traumatrope Krümmungsreaktion in reinem Zustande immer negativ gerichtet ist.

Gehen wir jetzt zur Betrachtung der Versuche über, die den Charakter der Erregungsvorgänge bei dem mechanischen Traumatropismus präzisieren.

Für den thermischen und den chemischen Traumatropismus war es von vornherein wahrscheinlich, daß die betr. Erregungsvorgänge in einer Koagulation des plasmatischen Eiweißes im affizierten Teil der Wurzelspitze bestehen dürften. Hingegen konnte man Ähnliches für den mechanischen Traumatropismus ohne weiteres nicht annehmen. Und zwar aus dem Grunde, weil eine mechanische Koagulation der Eiweißlösung zurzeit nicht bekannt ist. Diese Schwierigkeit erwies sich aber bei näherem Zusehen als scheinbar. Aus den Untersuchungen LEPESCHKINs[2]) wissen wir 1., daß das Plasma einer mechanischen Koagulation leicht unterliegen kann und 2., daß die Bedingungen dieser Koagulation mit denen der thermischen Koagulation einer Eiweißlösung identisch sind.

Diese Befunde LEPESCHKINs gestatteten mir, meiner Frage näher zu treten. Mein Gedankengang war hierbei der folgende. Sollte durch Anschneiden der Wurzelspitze eine mechanische Koagulation des Plasmas hervorgerufen werden und einen Anlaß zur Krümmungsreaktion abgeben, so müßte eine direkte Proportionalität zwischen den Intensitäten der Koagulation und der Krümmungsreaktion bestehen. Eine unabweisliche Folgerung hieraus wäre dann die, daß alle die Einflüsse, welche die mechanische Koagulation des Plasmas modifizieren, in entsprechender Weise die Intensität der Krümmungs-

1) Porodko, a. a. O. S. 306.

2) Diese Berichte Bd. 28, S. 97—99.

reaktion der verletzten Wurzeln verändern müßten. Von diesem Standpunkt aus hatte ich den Einfluß sowohl der koagulationshemmenden als der koagulationssteigernden Stoffe auf den Krümmungsgang der mechanisch verletzten Wurzeln zu studieren.

Als koagulationssteigernde Agentien verwendete ich schwache Lösungen von Säuren, von Aluminiumsulfat, sowie das kurzdauernde Erwärmen[1]), als koagulationshemmende Lösungen von Alkalien und Harnstoff. Die Bearbeitung der Wurzelspitzen geschah in früher[2]) beschriebener Weise, wonach das Anschneiden folgte. Dabei schnitt ich die mit den koagulationssteigernden Agentien behandelten Wurzeln oberflächlich an, die mit den koagulationshemmenden Lösungen behandelten dagegen tief. Selbstverständlich stellte ich immer Kontrollversuche an, in denen die Wurzeln mit destilliertem Wasser ganz analog bearbeitet und dann entsprechend dem Versuch angeschnitten wurden. Bei der Ausführung diesbezüglicher Versuche liegt die Hauptschwierigkeit darin, daß man trotz der größten Vorsicht die Wurzeln der Versuchs- und der Kontrollpflanze nicht immer gleich stark anschneidet. Bei freihändigem Anschneiden ließ sich dieser Fehler, freilich zum Teil, durch mehrmaliges Wiederholen der betr. Versuche eliminieren.

Als Endresultat dieser Versuche ergab sich Folgendes. Koagulationssteigernde Einwirkungen erhöhen zugleich die traumatrope Sensibilität der Wurzel. Nach solcher Behandlung rufen oberflächliche Anschnitte der Wurzelspitzen Krümmungen hervor, deren Ablenkungswinkel doppelt bis dreimal so stark wie der der Kontrollpflanzen ist. Umgekehrt gestalten sich die Verhältnisse nach der Bearbeitung der Wurzelspitzen mit den koagulationshemmenden Stoffen. Obschon in diesen Fällen mäßig tiefe Anschnitte gemacht wurden, blieben die Wurzeln indifferent oder begannen sich erst nach 5—7 Stunden negativ zu krümmen.

Die geschilderte Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment erwies sich sonach als gut genug. Freilich, man könnte schon hieraus ruhig schließen, daß die mechanisch-traumatrope Erregung auf einer mechanischen Koagulation des Plasmas im affizierten Wurzelteil beruhe. Es schien mir jedoch wünschenswert, diesen Schluß noch auf einem anderen Wege zu erhärten.

---

1) Zu diesem Zweck tauchte ich die Wurzelspitzen in das entsprechend erwärmte destillierte Wasser ein.

2) Porodko, a. a. O. S. 313.

Durch die Untersuchungen LEPESCHKINs[1]) haben wir noch eine andere Eigentümlichkeit kennen gelernt, die das Plasma in bezug auf Koagulierbarkeit zeigt. Nämlich es koaguliert unter dem Einfluß solcher Konzentrationen von Anästhetica, die eine Eiweißlösung in vitro noch nicht präzipitieren. LEPESCHKIN erklärt dies durch die Speicherung der Anästhetica im Dispersionsmittel der Plasmamembran, insofern als dabei eine Änderung der Dielektrizitätskonstante des Dispersionsmittels stattfindet und schließlich zur Koagulation der Eiweißkörper desselben führt.

Wir sehen aus dem Gesagten, daß das Plasma im Gegensatz zu den gewöhnlichen Eiweißsolen 1. durch mechanische Eingriffe und 2. durch schwache Lösungen von Anästhetica koagulieren kann. Oben haben wir bewiesen, daß die erste Eigentümlichkeit des Plasmas im direkten Zusammenhang mit der Krümmungsfähigkeit der Wurzel steht. Daraus haben wir den Schluß gezogen, daß eine mechanische Koagulation des Plasmas die traumatrope Krümmung einleiten kann. Ist nun unser Schluß in der Tat richtig, so muß auch die zweite Eigentümlichkeit des Plasmas mit der Krümmungsfähigkeit der Wurzel verknüpft sein. Daß das letztere wirklich zutrifft, haben die folgenden Versuche gezeigt. Es wurden schwache von LEPESCHKIN empfohlene Konzentrationen von Chloroform, Benzol, Thymol und Äther verwendet[2]). In Anbetracht sowohl der niedrigen Konzentrationen als der Flüchtigkeit dieser Stoffe wurden die Papierstückchen mehrmals gewechselt[3]). In den Versuchen mit den ersten drei Stoffen traten schöne negativ gerichtete Krümmungen ein, deren Ablenkungswinkel meistens 30 ° nicht überschritten und ziemlich schnell ausgeglichen wurden. In den Versuchen mit Äther gelang es, nur schiefes[4]) Wachstum in negativer Richtung zu beobachten. Trotz des mehrmaligen Wechselns der Papierstückchen erwies sich hier die Äthermenge als zu klein, um eine eigentliche negative Krümmung hervorzubringen. Im Hinblick auf die große Flüchtigkeit des Äthers ist dieses Ergebnis vollkommen begreiflich.

Die angeführten Versuche mit Anästhetica sind in zweifacher Beziehung von Interesse. Zunächst bestätigen sie, zwar indirekt,

---

1) Diese Berichte, Bd. 29, S. 258 u. ff., sowie S. 349.

2) Die Lösungen dieser Stoffe habe ich genau nach der Vorschrift LEPESCHKINs hergestellt. Durch spezielle Versuche habe ich mich natürlich erst überzeugt, daß die hinzugefügten 5 pCt. Alkohol an sich ohne Einfluß auf die Krümmungsfähigkeit der Wurzel sind.

3) PORODKO, a. a. O. S. 20.

4) PORODKO, a. a. O. S. 21, sub b.

unsere oben dargelegte Vorstellung über das Wesen der mechanisch-traumatropen Erregung. Sodann geben diese Versuche einen weiteren direkten Beweis für die Richtigkeit meiner früher[1]) entwickelten Vorstellung über das Wesen der negativchemotropen Erregung bei den Pflanzenwurzeln. Denn es liegt einer durch schwache Lösungen von Anästhetica hervorgerufenen Plasmakoagulation doch eine Fällung des plasmatischen Eiweißes zugrunde.

Über den thermischen Traumatropismus.

Meine Untersuchungen über den Thermotropismus der *Lupinus*-wurzeln haben gezeigt[2]), daß für den Eintritt der negativ thermotropen Krümmung die Wärmemenge maßgebend ist. Diese Regel wurde aus Versuchen abgeleitet, in denen die thermotrope Reizung bei den zwischen 40 ° und 70 ° C liegenden Temperaturen stattfand. Von der Anwendung der höheren Temperaturen wurde damals vorwiegend aus technischen Rücksichten Abstand genommen. Denn die Berührungsdauer mit der Wärmequelle mußte schon bei 70 ° C auf 5 Sekunden herabgesetzt werden, damit die Reizschwelle nicht überschritten würde. Es erhebt sich nunmehr eine wohlberechtigte Frage, ob die gefundene Gesetzmäßigkeit auch über diese Temperaturgrenze hinauf gültig sei.

Zur Beantwortung dieser Frage stellte ich Versuche an, wo die Reiztemperaturen 78 °, 100 ° und 200 ° C betrugen. Die Berührungsdauer, welche der Reizschwelle bei diesen Temperaturen entspricht, wurde aus meiner Formel[3]) zu 2 resp. 0,25 resp. 0,001 Sekunden berechnet. Es mußte nun eine experimentelle Prüfung dieser Werte vorgenommen werden. Für die Temperatur von 78 ° C habe ich dies in der Weise ausgeführt, daß die Wurzelspitzen während 1 oder 2 Sekunden gereizt wurden. Im ersteren Falle wuchsen die Wurzeln schief in der negativen Richtung, ein Beweis, daß die Reizung die Schwelle noch nicht erreichte. Im letzteren Falle traten dagegen negative Krümmungen ein, deren Ablenkungswinkel etwa 15—20 ° betrugen. Diese Reaktionsintensität entspricht ungefähr jener, die ich früher bei der negativ-thermotropen Reizschwelle zu beobachten pflegte. Die Übereinstimmung zwischen Theorie und Experiment ist sonach als gut anzusehen. Schwieriger gestalten sich die Verhältnisse bei Anwendung von 100 ° und insbesondere von 200 ° C. Trotz aller

1) Porodko, a. a. O. S. 23 u. ff.
2) Porodko, a. a. O. S. 309 u. ff.
3) Porodko, a. a. O. S. 311.

Vorsicht gelingt es hier nicht, die Berührungsdauer mehr als auf $^1/_2$ Sekunde etwa herab zu verkürzen. Dieser Wert ist aber zweimal größer als der für die Reizschwelle bei 100 ° C berechnete. Ist nun die letztere richtig berechnet, so muß eine Berührungsdauer von $^1/_2$ Sekunde eine stärkere Krümmung veranlassen, als der Reizschwelle entspricht. Dies ist auch wirklich der Fall. In den in Rede stehenden Versuchen erreichte der Ablenkungswinkel etwa 40—50 °, d. h. den Wert, den ich auch sonst (z. B. bei 70 ° und 10 ″, 60 ° und 30 ″) bei verdoppelter reizschwelliger Berührungsdauer beobachtete. Eine analoge indirekte Bestätigung unserer obigen Beweisführung ergaben ebenfalls die bei 200 ° angestellten Versuche. Hier übertrifft die verwendete Berührungsdauer von $^1/_2$ Sekunde den berechneten Schwellenwert 250mal. Unter diesen Umständen war eine heftige Krümmungsreaktion zu erwarten, wohl aber — entsprechend meinen früheren[1]) Erfahrungen — erst nach einer verlängerten Latenzzeit. Dies erwies sich tatsächlich als zutreffend. Die Krümmungsreaktion begann sich erst nach 7 Stunden kundzugeben, erreichte dafür aber nach 24 Stunden einen stattlichen Ablenkungswinkel von 90 °.

Aus den angeführten Versuchen können wir den folgenden Schluß ziehen. Die für den Eintritt der negativen thermotropen Krümmungsreaktionen festgestellte Gesetzmäßigkeit gilt ebenfalls für Temperaturen, welche selbst über 100 ° liegen. Durch entsprechend verkürzte Einwirkungsdauer gelingt es also, diejenigen Temperaturen unschädlich zu machen, welche auf den ersten Blick immerhin als traumagen angesehen werden könnten.

Andererseits kann man durch entsprechend verlängerte Einwirkungsdauer diejenigen Temperaturen traumagen machen, welche relativ niedrig (z. B. 40—45 °) sind und unschädlich scheinen könnten. Diesbezügliche Erfahrungen habe ich in reichlicher Menge gesammelt, als ich mit der Bestimmung der negativ-thermotropen Schwellenwerte beschäftigt war. Es erwies sich dabei, daß im Bereich jeder (vermutlich supraoptimalen) Temperatur je nach der Länge ihrer Einwirkungsdauer die Krümmungsreaktion einen verschiedenen Verlauf aufweist. Im allgemeinen begegnen wir hier Modalitäten, welche ich unter analogen Bedingungen auch für den negativen Chemotropismus der Wurzeln konstatieren konnte. Entsprechend der vermehrten Zufuhr der Wärmeenergie verlängert sich namentlich die Reaktionszeit, verlangsamt sich die Geschwindigkeit des Krummwerdens, dafür aber verstärkt sich und

1) Porodko, a. a. O. S. 20.

stabilisiert sich der maximale Ablenkungswinkel der Wurzel. In extremen Fällen ruft die verlängerte Berührung mit der Wärmequelle eine Verletzung der Wurzelspitze hervor. Wenigstens sieht man an der Berührungsstelle einen bräunlichen Fleck und eine leichte Vertiefung entstehen. Die in diesen Fällen eintretenden Krümmungen haben wir natürlich allen Grund, bereits als thermisch-traumatrop zu bezeichnen.

Aus dem in diesem Abschnitt Gesagten geht klar hervor, daß die einseitig in die Wurzelspitze eingeführte Wärmemenge das Maß der Reizungsintensität abgibt. Ist diese Menge klein, so erleiden die Wurzeln keine Verletzungen und bringen relativ schwache und wenig stabile Krümmungen zutage. Diese Krümmungen bezeichnen wir als negativ thermotrope. Ist dagegen die reizende Wärmemenge groß, so entsteht eine Wunde, und die Wurzel beginnt nach einer bedeutenden Latenzzeit eine heftige Krümmung auszuführen. Dieselbe erweist sich nachher als ziemlich stabil. Derartige Krümmungen bezeichnen wir als thermisch-traumatrop. Zwischen diesen beiden Extremen lassen sich allmähliche Übergänge beobachten, ganz abhängig davon, wie groß die reizende Wärmemenge war.

So liegen die Verhältnisse mit den durch einseitige Erwärmung der Wurzelspitze hervorgerufenen Krümmungsreaktionen. Dasselbe muß begreiflicherweise auch für die betr. Erregungen zutreffen. Denn die Reaktionsstärke hängt von der relativen Intensität der betr. Erregung ab. Wir haben also eine Reihe von Erregungen vor uns, die in ihrer Intensität allmählich abgestuft sind. Da aber die schwächere negativ-thermotrope Erregung erwiesenerweise[1]) in der Koagulation des plasmatischen Eiweißes in dem affizierten Teil der Wurzelspitze besteht, so muß dasselbe auch für die stärkere thermisch-traumatrope Erregung zutreffen. Das ist auch ganz begreiflich, weil die Geschwindigkeit der thermischen Eiweißkoagulation mit der Vermehrung der Wärmezufuhr steigt. Der Unterschied zwischen beiden in Rede stehenden tropistischen Erregungen dürfte übrigens nicht nur quantitativ sein. Die Eiweißkoagulation verläuft ja je nach der zugeführten Wärmemenge reversibel oder irreversibel. Berücksichtigt man nun, daß bloß eine irreversible Koagulation des plasmatischen Eiweißes eine Schädigung der Zelle und schließlich ihren Tod herbeiführen kann, so liegt die Vermutung am nächsten, daß die negative thermotrope Erregung in einer reversiblen, die thermisch-

1) Porodko, a. a. O. S. 311 u. ff.

traumatrope Erregung dagegen in einer irreversiblen Koagulation des plasmatischen Eiweißes bestehe. Von diesem Standpunkt aus würden auch die Unterschiede in dem Stabilitätsgrad verschiedener durch einseitige Erwärmung hervorgerufener Krümmungen eine ungezwungene Erklärung finden.

Die experimentelle Prüfung der angedeuteten Vermutung habe ich schon begonnen, und zwar vorwiegend auf dem Wege der mikroskopischen Untersuchung der entsprechend gereizten Wurzelspitzen.

Über den chemischen Traumatropismus.

Wenn wir uns jetzt der Betrachtung der durch chemische Verletzungen veranlaßten Krümmungen zuwenden, so begegnen wir hier ähnlichen Verhältnissen wie beim thermischen Traumatropismus. Im Hinblick darauf mögen nur die Hauptpunkte der auf die Aufklärung der betr. Erregung abzielenden Beweisführung angeführt werden.

In meinen Untersuchungen[1]) über den Chemotropismus habe ich hervorgehoben, daß die Stärke des chemischen Reizes von der Konzentration der Lösung und ihrer Einwirkungsdauer abhängig ist. Schon damals war klar, daß derselbe physiologische Effekt sowohl durch kürzere Berührung mit stärkeren Konzentrationen als durch längere Berührung mit schwächeren Konzentrationen hervorgerufen werden kann. Gegenwärtig gelang es mir, freilich nur zum Teil, der Formulierung dieser Abhängigkeit näher zu treten. Wie nächstens mitgeteilt werden soll, handelt es sich hierbei um analoge Verhältnisse wie bei dem negativen Thermotropismus. Namentlich ist die Stärke des chemischen Reizes proportional dem Produkt aus der Konzentration in einer gewissen spezifisch verschiedenen Potenz und der Berührungsdauer mit der betr. Lösung. Für den Eintritt der negativ chemotropen Krümmungen ist danach die Menge der chemischen Energie maßgebend. Wir können also durch Verkürzen der Einwirkungsdauer sogar hohe Konzentrationen der giftigen Stoffe (z. B. der Salze der Schwermetalle) unschädlich machen und kaum Krümmungen hervorrufen, die der Reizschwelle entsprechen. Verlängert man dagegen die Einwirkungsdauer, so können sich bereits schwache Konzentrationen solcher Stoffe als schädlich erweisen. Zwischen diesen schwachen negativ-chemotropen und starken chemisch-traumatropen Krümmungsreaktionen lassen sich verschiedene Über-

1) Porodko, a. a. O. S. 20.

gänge beobachten, je nach dem, durch welche Menge der chemischen Energie gereizt wurde. Alle in Rede stehenden Reaktionen nehmen einen Verlauf, der dem im vorigen Abschnitt geschilderten gänzlich ähnelt.

Für die negativ-chemotrope Erregung habe ich nachgewiesen[1]), daß sie in einer Koagulation des plasmatischen Eiweißes im affizierten Teil der Wurzelspitze besteht. Dasselbe ist auch für die chemisch-traumatrope Erregung anzunehmen, weil die chemische Energie je nach ihrer Menge verschiedene Grade der Eiweißkoagulation auch in vitro hervorrufen kann. Der Unterschied zwischen beiden in Rede stehenden Erregungen dürfte übrigens nicht nur quantitativ sein. Eine chemische Koagulation der Eiweißlösung kann sowohl reversibel als irreversibel verlaufen. Für die Zelle bedeutet nur eine irreversible Koagulation des plasmatischen Eiweißes den Tod. Demgemäß würde sich die chemisch-traumatrope Erregung nicht nur durch die relative Stärke sondern auch durch die Irreversibilität der Eiweißkoagulation charakterisieren. Ganz umgekehrt würde es sich mit der negativ-chemotropen Erregung verhalten. Von diesem Standpunkt aus ließen sich auch die Unterschiede in der Stabilität der verschiedenen durch einseitige chemische Reizung hervergerufenen Krümmungen ganz einfach erklären.

An die experimentelle Prüfung der eben angedeuteten Vermutungen bin ich schon herangetreten.

Odessa, den 18. November 1912.
Botanisches Laboratorium der Universität.

1) Porodko, a. a. O. S. 24 u. ff.

78. O. Renner: Versuche zur Mechanik der Wasserversorgung.

2. Über Wurzeltätigkeit.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 23. November 1912.)

Bei orientierenden Versuchen über das Verhältnis zwischen der Saugung der transpirierenden Blätter und der Wasseraufnahme durch die Wurzeln bin ich früher[1]) zu dem Ergebnis gekommen: „Wenn die Entnahme von Wasser aus den Leitbahnen der Achse plötzlich aufhört, wie es bei Entfernung der Blätter geschieht, ist auch die Wasseraufnahme durch die Wurzeln augenblicklich weit vermindert. Das gilt auch für die Fälle, in denen der Stengelstumpf blutet." Daraus läßt sich schließen, daß die Saugkraft der Wurzeln unter den Bedingungen der Experimente wenigstens zum Teil durch die Saugung der Blätter geliefert wird. Im vergangenen Sommer bin ich nun der Frage weiter nachgegangen, wie sich die Wurzel verhält, wenn ihr die Wasseraufnahme durch osmotische Kräfte des Substrats erschwert wird. In den früheren Versuchen wurde den Wurzeln von *Phaseolus*-Pflanzen am Potometer meistens eine 0,2—0,4 proz. KNOPsche Nährlösung geboten, in der sie auch angezogen worden waren. Diesmal wurden die Pflanzen (wieder von *Phaseolus multiflorus*) in Leitungswasser erzogen und bekamen am Potometer ebenfalls Leitungswasser oder aber mit Leitungswasser hergestellte Lösungen von Rohrzucker oder Kalisalpeter zu saugen, die noch keine Plasmolyse hervorriefen. Die Potometer waren den früher verwendeten (1911, S. 175) ganz ähnlich. Durch Vorversuche wurde festgestellt, daß die Pflanzen am Potometer viele Stunden gleichmäßig fortsaugten, daß also die Wurzeln durch den Aufenthalt in dem kleinen Wasservolumen, etwa infolge von Sauerstoffmangel, in ihrem Aufnahmevermögen in keiner Weise geschädigt wurden.

Von zahlreichen Versuchen werden im folgenden wenige typisch verlaufene angeführt. Unregelmäßig war nur das Verhalten

1) Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Wasserbewegung. Flora 1911, Bd. 103, S. 243.

bei Überführung der Wurzeln aus Wasser in Lösung oder aus verdünnter in konzentriertere Lösung. Ob es sich dabei nur um gelegentliche Störungen durch Temperaturschwankung handelt oder ob die Übergangsreaktion wirklich verschiedene Form zeigen kann, ist noch nicht sicher ermittelt. Jedenfalls ist das Verhalten sehr häufig so wie in den unten mitgeteilten Versuchen.

Die Zahlen bedeuten die in 1 Minute aufgenommene Wassermenge in Millimetern der Kapillarenskala; lichte Weite der Kapillare etwa 1,3 mm. Ein Minuszeichen vor der Zahl bedeutet rückläufige Bewegung des Index.

1. Pflanze mit 2 Primärblättern und 4 Folgeblättern (in den folgenden Versuchen ist die Beblätterung ähnlich) saugt morgens 8^h in Leitungswasser: 4,5 4,5 4,5. Nun wird 1 % KNO_3 eingefüllt; bis zur ersten Ablesung verstreichen höchstens 5′, wie auch sonst; nun ist die Saugung: 0,6 1,1 1,3; nach 10′: 1,8; nach 20′: 2; nachmittags 2^h 40′: 2,7; 3^h 40′: 2,6. Jetzt wird die Wurzel mehrmals rasch mit Leitungswasser gespült und Leitungswasser ins Potometer eingefüllt: 10 10 9 8,3 8,2 7 7,5 7; nach 40′: 4. Nun wird wieder 1 % KNO_3 eingefüllt: 0 1 1,4 1,9 2,1 2,2 2,4 2,2 2,7 2,3 2,5; die Saugung hält sich zwischen 2 und 2,5 bis zum Abend; die Pflanze bleibt in 1 % KNO_3 über Nacht. Am nächten Morgen ist die Saugung: 3,6 3,7. Nun wird, um 8^h, Wasser eingefüllt: 9 8,5 8,2 8; nach 15′: 6,5; nach 30′: 5; nach 1^h 45′: 3,5; nach 4^h: 3.

2. Pflanze in Leitungswasser: 8,5 8,5 7,5. 1 % KNO_3 eingefüllt: —0,5 0 +0,2 0,2 0,8 0,7; nach 20′: 1,3. Bleibt über Nacht in 1 % KNO_3. Nächsten Morgen 8^h: 2 1,9 1,9.

Nun 1,5 % KNO_3 eingefüllt: 0,6 0,8; nach 40′: 1,8.

Wieder 1 % KNO_3 eingefüllt: 5 4,7 4,5 4 4 4 4 4 4 3,5 3,7.

1,5 % KNO_3 eingefüllt: 1,3 1,5; nach 30′: 2; nach 1^h: 2,3.

1 % KNO_3 eingefüllt: 5,5 5 4,7 4,8 4,5 4,5; nach 40′: 3,5.

1,5 % KNO_3 eingefüllt: 2,2 2,2; nach 1^h: 2,2.

Wasser eingefüllt: 11 11,5 11 10,5 10,3 10 8,4 8,8 7,2; nach 2^h: 2,8.

3. Die Pflanze stand 5^h lang in 1,5 % KNO_3, ist dabei welk geworden; saugt: 3,3 3,3 3,3.

2 % KNO_3 eingefüllt: 1,7 1,9 2,1 2,3.

3 % KNO_3 eingefüllt: —0,1 —0,1 +0,4; nach 15′: 1,9. dann 10′ lang in 5 % KNO_3, darauf 1^h lang in 3 % KNO_3; saugt hier: 4,8 4,7 4,8.

0,5 % KNO_3 eingefüllt: 13 12,5 12 11,5 10,5 10 9,7 9,3 9,3 8,7 8,5 8,5 8,5 9 8,3 8,5 8,7 8,8; nach 35′: 9; nach 1^h 15′: 7;

nach 2^h: 4,5; die vorher sehr welken Blätter sind jetzt wieder turgeszent.

Ergebnis der Versuche 1—3: Bewurzelte Pflanzen verhalten sich, wenn der osmotische Druck der Nährflüssigkeit plötzlich verändert wird, wie abgeschnittene Teile bei Veränderung der mechanischen Widerstände in den Leitbahnen (z. B. beim Klemmen bzw. beim Öffnen der Klemme; vgl. 1911, S. 209): Wird der osmotische Druck erhöht, so ist die Saugung zunächst vermindert und steigt allmählich wieder an. Wird der osmotische Druck erniedrigt, so schnellt die Saugung augenblicklich in die Höhe und nimmt langsam wieder ab.

Der osmotische Druck einer 3 proz. Lösung von Kalisalpeter beträgt etwa 12 Atmosphären, der einer 5 proz. 20 Atmosphären. Aus solchen Lösungen vermögen Wurzeln von *Phascolus*, wenn sie vorher in verdünnten Salpeterlösungen statt in Wasser verweilt haben, noch Wasser an sich zu reißen. Der Widerstand, den die Salpeterlösungen der Wasser saugenden Wurzel entgegensetzen, ist nun sicher nicht ganz so hoch wie der osmotische Druck der Lösungen, weil das Plasma der Wurzelzellen für Kalisalpeter nicht vollkommen undurchlässig ist. Aber über Saugkräfte von mehreren Atmosphären müssen die Wurzeln sicher verfügen, um die beobachteten Leistungen auszuführen.

Wo sind nun die Kräfte lokalisiert, die der Wurzel die Überwindung der osmotischen Anziehung des Substrats möglich machen? Sie können in der Wurzel liegen, als aufwärts wirkende Druckkräfte, oder in den Blättern, als Saugkräfte, oder in beiden Organen. Für die Entscheidung bleibt kaum ein anderes Mittel als das Abschneiden des Blätter tragenden Gipfels.

4. Pflanze in Wasser: 3,5 3,4 3,4 3,5.

Geköpft: 0,7 0,8 1,1 1,1 1,2 (blutet) 1,2 1,2 1,2.

5. Pflanze in Wasser: 5,3 5,3 5,3.

Geköpft: in je $^1/_4{}'$ —0,5 —0,5; in $^1/_2{}'$ —0,2; in $1'$ +0,4 0,5.

Vom Stumpf noch 5 mm abgeschnitten: 0,2 0,6 0,7 0,5.

Blutet nach weiteren $30'$: saugt noch immer 0,5. Bei zweimaligem Abschneiden von je 15 mm kein Rückstoß mehr.

6. Die Pflanze stand über Nacht in 1 % KNO_3, saugt am Morgen in dieser Lösung: 2,4 2,4 2,4.

Geköpft: in je $^1/_4{}'$ —6,3 —0,5; in $^1/_2{}'$ +0,7; in je $1'$ 0,5 0,5 0,8 0,9 0,6 0,6 0,6 0,6.

7. Die Pflanze stand über Nacht in 1,5 % KNO_3, saugt am Morgen in dieser Lösung: 4 4.

Geköpft: in je $^1/_4{}'$ —10 +0,3 +0,5 0,5; in je $1'$ 1 1 1 1.

Nach 30′ wurde vom Stengelstumpf ein 12 mm langes Stück abgeschnitten: – 3,7.

Wieder 4 mm ab; —1. Noch 11 mm ab: —2,4. Noch 7 mm ab: —2,4. Noch 7 mm ab: —2. Noch 10 mm ab: —1,2. — Blutet nicht.

8. Schwache Pflanze, in Leitungswasser, bei trübem, kühlem Wetter: 1,5. Potometer umgekehrt, Stengel in Wasser versenkt, unter Wasser abgeschnitten: —0,9 +0,2.

Die Schnittfläche des Stengels und auch die Oberfläche des Tauchwassers liegt hier wie in den folgenden Versuchen tiefer als die Kapillare des Potometers, das Wasser muß also gehoben werden, um von der Schnittfläche her in die Wurzel einzutreten.

9 Die Pflanze stand 2 h lang in 1 % KNO_3, saugt hier 1,6 1,6. Nun invers unter Wasser geköpft: in je ¼′ —4,5 —4,5 —3 —2, also in der ersten Minute —14; dann in je 1′ —6 —4,5 —3,7 —2,8; der Index geht während der Nacht noch um 250 mm der Skala zurück.

10. Eine Pflanze, die in Wasser 16 mm saugte, wurde in 2 % KNO_3 gebracht und saugte hier nach 2 h 1,8 mm. Nun invers unter Wasser geköpft: in je ¼′ —11 —9 —9 —8, also in der ersten Minute —27; dann in je 1′ —20 —12 —10.

11. Eine Pflanze, die mehrere Tage lang in 0,5 % KNO_3 gestanden hatte, wurde in 5 % KNO_3 aufs Potometer gebracht. Sie saugte hier nach 30′ 1 mm, wurde dabei sehr welk. Nun invers unter Wasser geköpft: —50 —30,5 —22 —18 - 16 —13 —11 —9 —8,5 —8; nach 15′ —5,5; nach 20′ —4; der Rückstoß dauert, immer langsamer werdend, noch mehrere Stunden lang fort.

12. Eine Pflanze, die seit mehreren Tagen in 1 % KNO_3 gestanden hatte, wurde in Leitungswasser aufs Potometer gebracht und saugte hier in der ersten Minute, in der abgelesen werden konnte, 12 mm. Nun wurde sie rasch umgekehrt und unter Wasser geköpft: in je ½′ —3,5 —2,3 —0,4; in den nächsten 3′ zusammen + 1,2.

Ergebnis der Versuche 4 — 12. Beim Köpfen in Luft verhalten sich die Pflanzen sehr verschieden, je nachdem sie Leitungswasser oder Salpeterlösung saugen. Tauchen die Wurzeln in Wasser, so tritt beim Köpfen höchstens ein sehr schwacher Rückstoß ein, auf den bald wieder deutliche Saugung folgt; der Rückstoß kann auch ganz unterbleiben und nur dadurch angedeutet sein, daß die Saugung in der allerersten Zeit nach dem Köpfen weiter deprimiert ist als in den folgenden Minuten (Versuch 4). Auch wenn sehr bald nach dem Köpfen deutliches Bluten eintritt,

ist die Saugung viel geringer als vor der Dekapitierung. Saugt die Wurzel aus einer Salpeterlösung, so ist der Rückstoß beim Köpfen sehr ausgiebig; schwächere Rückstöße lassen sich noch wiederholt durch Abschneiden kleiner Stücke vom Stengelstumpf herbeiführen (Versuch 7). Der Rückstoß kommt, wie früher auseinandergesetzt (I. Teil dieser „Versuche", diese Berichte), durch Einsaugung von Wasser von der Schnittfläche her zustande und beruht bei der Wurzel wohl auch zum einen Teil auf Ausdehnung, zum anderen Teil, wenn die Wurzel von Salpeterlösung umspült ist, wohl auf Wasserabgabe an die osmotisch wirksame Lösung. Der Rückstoß ist deshalb besonders ausgiebig und dauert stundenlang an, wenn der beblätterte Gipfel unter Wasser abgeschnitten wird, so daß Wasser in unbeschränkter Menge durch die Schnittfläche aufgenommen werden kann; er ist um so kräftiger, je konzentrierter die den Wurzeln gebotene Lösung ist (Versuche 8—11), und bei gleicher Nährflüssigkeit um so kräftiger, je stärker die Saugung vor dem Dekapitieren war (Versuche 4 u. 12). Die beiden letzterwähnten Versuche mit Leitungswasser zeigen auch, daß beim Rückstoß die Ausdehnung des Wurzelsystems mit wirksam sein muß; denn osmotische Saugung kann hier nicht wohl stattfinden.

Durch die mitgeteilten Versuche ist erwiesen, daß die Wurzel, wenn der Wasseraufnahme beträchtliche Kräfte, z. B. osmotischer Natur, entgegenarbeiten, sich ziemlich passiv verhält, und daß die Saugkraft der Wurzel zur Hauptsache von den transpirierenden Organen geliefert wird. Die Saugung der Blätter erzeugt in den Wurzelzellen ein Sättigungsdefizit und macht so die Turgorkräfte dieser Zellen für Saugung verfügbar. Fällt die Saugwirkung der Blätter fort und wird an der Schnittfläche des Stengels Wasser geboten, so wandert das Wasser durch die Wurzel in die umspülende osmotisch wirksame Flüssigkeit. Falls eine Ventileinrichtung, die einseitige Wasserbewegung garantieren könnte — etwa in Form von Permeabilitätsunterschieden im Plasma —, bei *Phaseolus* vorhanden ist, ist sie mindestens nicht kräftig genug, um der osmotischen Saugung auch nur einer 1 proz. Salpeterlösung (4,3 Atm.) standzuhalten.

Der Messung der von den Blättern entwickelten Saugkräfte durch vergleichsweise Anwendung der Luftpumpe stehen bei den verwendeten Objekten Schwierigkeiten im Wege, die bis jetzt nicht haben überwunden werden können. Die früher (1911 S. 238) aus solchen Versuchen mit Vorbehalt gezogenen Schlüsse sind nicht haltbar.

Wurzelzellen, die saugfähig sein sollen, dürfen nicht voll mit Wasser gesättigt sein. Arbeitet die Wurzel in einer Salzlösung, so muß die Turgordehnung der Oberflächenzellen unter dem Maximum bleiben; und arbeitet sie in trockenem Boden, so darf auch die Zellulosewand der Epidermiszellen nicht maximal imbibiert sein, weil erst mit dem Austrocknen die Imbibitionskräfte der Membran tätig werden. Dieses Sättigungsdefizit in der Wurzelepidermis kann schwerlich durch ihre eigene Tätigkeit erzeugt werden, eher durch Saugung von den tiefer liegenden Wurzelgeweben her; am leichtesten ist die Turgorsenkung zu erreichen durch negative Spannung in den Wurzelgefäßen, die sich im Parenchym in osmotische Saugung umsetzt.

Spannung des Gefäßinhalts und Turgeszenz der angrenzenden Parenchymzellen müssen sich wohl überall im Pflanzenkörper ins Gleichgewicht setzen; dazu kommt als dritte, zugleich mit den beiden ersten variable Größe — für Oberflächenzellen zweifellos, und wahrscheinlich auch für Binnenzellen — der Imbibitionsgrad der Zellmembranen. Die Saugkraft einer Parenchymzelle ist gleich der Differenz zwischen dem osmotischen Druck des Zellsaftes und der Spannung der Membran. Diese Differenz muß von den Blättern zu den Wurzeln in demselben Maß abnehmen wie der Druck in den Leitbahnen zunimmt. Unterschiede im osmotischen Druck der Parenchymzellen sind zur Erhaltung des Spannungsgefälles nicht nötig, weil nicht die absolute Höhe des osmotischen Druckes, sondern die Größe der Turgorsenkung maßgebend ist. Bei extremem Welken, bei vollkommener Entspannung der Membranen, wird aber die äußerste Grenze der Saugkraft erreicht, und wenn dieses Welken bis in die Wurzel fortschreitet, so müßte das Spannungsgefälle ausgeglichen werden, falls alle Zellen denselben osmotischen Druck hätten. Diese Möglichkeit scheint aber durch das Gefälle des osmotischen Druckes ausgeschlossen zu sein, das HANNIG[1]) bei einer großen Zahl von Bewohnern der verschiedensten Standorte ermitteln konnte: Die Blätter mit ihrem höheren osmotischen Druck behalten auch bei vollkommenem Welken der ganzen Pflanze eine Saugkraft, die der der ebenfalls welken Wurzel überlegen ist.

Die Vertreter der vitalen Theorie des Saftsteigens scheinen sich die Frage nicht vorgelegt zu haben, welcher Gefahr die Blätter ausgesetzt wären, wenn sie bei plötzlich gesteigertem

1) HANNIG, Untersuchungen über die Verteilung des osmotischen Drucks in der Pflanze in Hinsicht auf die Wasserleitung. Diese Berichte, 1912, S. 194.

Wasserverlust auf eine entsprechend gesteigerte Pumptätigkeit der viele Meter weit entfernten lebenden Zellen in den Leitbahnen angewiesen wären. Der korrelative Verkehr zwischen den Wasser konsumierenden und den Wasser beschaffenden Zellen wäre nicht gut anders denkbar als auf dem Weg der zellulären Reizübertragung, die bei den Pflanzen nicht sehr rasch fortzuschreiten pflegt. Es wäre deshalb erstaunlich, wenn unter solchen Bedingungen die Regulation der Wasserzufuhr so ausgezeichnet ausgeführt würde wie wir es doch tatsächlich beobachten. Viel verständlicher ist das Ausbleiben von Störungen in der Wasserökonomie, wenn wir annehmen, daß die Wasser verbrauchenden Zellen die Regulation selber besorgen, daß sie rein passiv und automatisch, und deshalb mit unfehlbarer Sicherheit, durch das jeweilige Verhältnis zwischen Wasserzufuhr und Wasserverbrauch auf den entsprechenden Turgeszenzgrad und damit auf die entsprechende Saugfähigkeit eingestellt werden.

München, Pflanzenphysiologisches Institut.
November 1912.

---

79. W. Figdor: Die Beeinflussung der Keimung von Gesneriaceen-Samen durch das Licht.

(Eingegangen am 23. November 1912.)

Ich habe seinerzeit darauf aufmerksam gemacht[1]), daß die Samen einiger Gesneriaceen und zwar von acht Arten, die vier verschiedenen Gattungen angehören, zur Keimung — wofern sie überhaupt keimfähig und die gewissen, bekannten Bedingungen erfüllt sind — ausnahmslos des Lichtes bedürfen. Die Frage nach den Ursachen dieses auffälligen Phänomens hat mich lebhaft interessiert; ich bin jedoch derselben nicht nähergetreten, wie ich ursprünglich vorhatte, da die Bearbeitung des gleichen Themas von verschiedenen Seiten auf breiter Basis unternommen wurde[2]).

1) Über den Einfluß des Lichtes auf die Keimung der Samen einiger Gesneriaceen. Diese Ber. Bd. 25 (1907), S. 582 ff.

2) Vgl. die jüngst erschienenen Publikationen von G. GASSNER, Untersuchungen über die Wirkung des Lichtes u. des Temperaturwechsels auf die Keimung von *Chloris ciliata*. Jahrbuch der Hamburgischen wiss. Anstalten Bd. 29 (1911) (3. Beiheft: Arbeiten der botanischen Staatsinstitute), KINZEL, Über die Wirkung des Durchfrierens der Samen auf die Keimung u. die Beziehungen zwischen Frost- und Lichtwirkung. Praktische Blätter für Pflanzen-

Es lag mir deshalb nur daran meine früheren Beobachtungen zu vervollständigen, zu prüfen, inwieweit das Licht und zwar das gewöhnliche Tageslicht für die Keimung der Samen von noch anderen hierher gehörigen Gattungen und Arten notwendig ist. Abgesehen von meinen Angaben ist ja, soweit mir bekannt, von dieser Familie bloß eine Art der Gattung *Gloxinia (G. hybrida* „Kaiser Wilhelm") von LEHMANN[1]) in den Kreis seiner Untersuchungen gezogen worden, der betreffs der Samenkeimung ein gleiches Verhalten konstatiert hat, wie dies von meiner Seite geschehen ist. LEHMANN hat auch festgestellt, daß sogar mindestens etwas über $3\,^1/_2$ Jahre alte Samen dieser Hybride noch keimfähig sind, also die ganze Zeit der Nachreife den Einfluß des Lichtes nicht auszuschalten imstande ist[2]) und daß eine große Hartnäckigkeit dieses Lichtkeimers in bezug auf die Temperatur besteht[3]).

Leider waren nicht so verschiedenartige Gesneriaceen-Samen erhältlich, als ich mir gewünscht hätte, jedoch sind es immerhin 8 Arten, zu 5 verschiedenen Gattungen gehörig (*Klugia zeylanica* (R. Br.) Gardn., *Monophyllaea Horsfieldii* R. Br., *Alloplectus sanguineus* Mart.[4]), *Tydaea hybrida* var. *grandiflora* (*Kohleria bogotensis*)[5]), *Tydaea Lindeni*, *Isoloma hirsutum* (*Kohleria hirsuta* Reg.)[6]),

---

bau u. Pflanzenschutz. Jhrg. 1911. S. 105 ff., u. HAACK, Die Prüfung des Kiefernsamens. (Keimungsphysiolog. Untersuchungen aus dem mykolog. Laboratorium der Forstakademie Eberswalde.) Zeitschrift f. Forst- u. Jagdwesen. Jhrg. 1912. Heft 4 ff., E. LEHMANN, Über die Beeinflussung der Keimung lichtempfindlicher Samen durch die Temperatur (Zeitschrift für Botanik, 4. Jhrg. (1912), S. 465 ff.), und H. BAAR, Über den Einfluß des Lichtes auf die Samenkeimung und seine Abhängigkeit von anderen Faktoren. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien, Mathem.-naturw. Klasse, Bd. 121, Abt. I (1912), S. 667 ff.

1) LEHMANN, Zur Keimungsphysiologie u. -biologie von *Ranunculus scleratus* und einiger anderer Samen. Diese Ber. Bd. 27 (1909), S. 476. Der gärtnerische Name „*Gloxinia*" ist wohl unter das Genus *Sinningia*, mit der auch ich gearbeitet habe (FIGDOR, l. c. S. 584), zu subsummieren. Vgl. FRITSCH, Gesneriaceae in ENGLER u. PRANTLs nat. Pflanzenfamilien, 4. Teil, 3. Abt. (1895), S. 182.

2) LEHMANN, Über die Beeinflussung der Keimung lichtempfindlicher Samen durch die Temperatur. Zeitschrift f. Botanik, 4. Jhrg. (1912), S. 477.

3) LEHMANN, l. c. S. 488.

4) Der Samen von *Klugia*, *Monophyllaea* u. *Alloplectus* wurde selbst geerntet, während der der übrigen Pflanzen von der Firma HAAGE u. SCHMIDT (Erfurt) bezogen wurde u. zwar unter dem Namen, der an erster Stelle steht. Der zweite (eingeklammerte) Namen ist synonym mit dem ersteren nach FRITSCH, Gesneriaceae in ENGLER u. PRANTLs nat. Pflanzenfamilien, l. c. und „die Keimpflanzen der Gesneriaceen" (FISCHER in Jena 1904).

5) Vgl. FRITSCH, Keimpflanzen l. c. S. 72.

6) FRITSCH, *Gesneriacae*, l. c. S. 178.

Isoloma hirsutum multiflorum, *Gesneria aurantiaca* (*Corytholoma aurantiacum*)[1]) und *Gesneria macrantha*, die nach der eingangs bezeichneten Richtung hin noch nicht geprüft wurden, ferner je eine weitere Art einer Gattung, mit der ich schon früher gearbeitet hatte: *Streptocarpus grandis*, *Naegelia zebrina* Reg., (*Smithiantha zebrina* (Paxt.) O. Ktze. und *Gloxinia hybrida erecta grandiflora* (*Sinningia* sp.).

Die Samen von all diesen Gesneriaceen, die nur teilweise in systematischer Beziehung einander nahestehen, verhalten sich ganz gleich, sie keimen alle nur bei Gegenwart von Licht, wie dies von mir schon früher für andere Vertreter dieser Familie angegeben wurde, und es macht mir den Eindruck, daß diese Eigentümlichkeit ein spezifisches, physiologisches Familienmerkmal bildet, wenigstens für die Bewohner des tropischen und subtropischen Verbreitungsgebietes geltend. Ob die Samen der in Süd-Europa vorkommenden Arten der Genera *Ramondia* und *Haberlea*[2]) sich ebenso verhalten, ist noch fraglich; es wäre ja möglich, daß für diese andere Verhältnisse vorliegen, geradeso wie WIESNER[3]) gefunden hat, daß das Licht für die Keimung der Loranthaceen-Samen je nach ihrer Herkunft von verschiedener Bedeutung ist.

Die Versuche wurden auf dieselbe Art und Weise durchgeführt wie ich a. a. O.[4]) angegeben habe, so daß hierüber nichts zu sagen ist. Ich möchte nur erwähnen, daß die Temperatur während der Monate Mai und Juni im Gewächshause durchschnittlich 20° betrug, also etwas höher war als bei den früheren Versuchen, und daß die Samen immer auf Erde ausgestreut wurden im Gegensatze zu LEHMANNs[5]) Angaben, die an einer Stelle dahin lauten, daß ich Torf als Substrat verwendet habe.

---

1) Vgl. FRITSCH, Keimpflanzen l. c. S. 80

2) Betreffs der Verbreitung dieser Familie vgl. FRITSCH, Gesneriaceae l. c. S. 141.

3) Vgl. WIESNER, physiolog. Studien über die Keimung europäischer und tropischer Arten von *Viscum* u. *Loranthus*. Pflanzenphysiolog. Mitteilungen aus Buitenzorg. IV. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Kl., Bd. 103 (1894), S. 401, WIESNER, Über die Ruheperiode u. über einige Keimungsbedingungen der Samen von *Viscum album*. Diese Berichte Bd. 15 (1897), S. 503 u. HEINRICHER: Samenreife und Samenruhe der Mistel (*Viscum album L.*) und die Umstände, welche die Keimung beeinflussen. Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Mathem.-naturw. Cl., Bd. 121 (1912) Abt. 1, S. 573 ff.

4) FIGDOR, l. c. S. 584.

5) Zur Keimungsphysiologie u. -biologie von *Ranunculus sceleratus* l. c. S. 486. An anderer Stelle erwähnte LEHMANN ganz richtig Erde als Substrat. (Über die Beeinflussung der Keimung lichtempfindlicher Samen durch die Temperatur, l. c. S. 485.)

	Beginn der Versuche	im Lichte gekeimt	Anzahl der Tage bis zur Keimung	im Dunkeln gehalten bis zum	sodann am Lichte gekeimt	Anzahl der Tage bis zur Keimung	Anmerkung
Klugia zeylanica . . .	4. I.	4. II.	31	25. IV.	11. V.	16	frischer Samen (noch feucht) aus grüner Kapsel entnommen.
	15. I.	4. II.	20	25. IV.	6. V.	11	trockener Samen.
	28. I.	20. II.	23	25. IV.	6. V.	11	
	20. XII.	10. I.	21	25. IV.	6. V.	11	
Monophyllaca Horsfieldii	30. XI.	14. XII.	14	25. IV.	24. V.	29	schwarzgefärbte Samen aus noch nicht geöffneten (grünen) Kapseln entnommen.
	17. XII.	4. I.	18	25 IV.	11. V.	16	
	7. II.	21. II.	14	25 IV.	18. V.	23	
	7. II.	26. II.	19	25. IV.	—	—	Samen unreif (weiß). Am 23. VI. am Lichte noch nicht gekeimt.
	8. II.	23. II.	15	23. VI	15. VII.	22	Samen schwarz gefärbt (wie früher erwähnt) 48 Std. bei ca. 20° C getrocknet.
	23. III.	—	—	23. VI.	18. VII.	25	Samen gleicher Beschaffenheit während vier Wochen bei 20° C getrocknet.
Alloplectus sanguineus .	31. IV.	—	—	16. XI.	30. XI.	14	trockener Samen des Vorjahres.
	20. V.	3. VI.	14				frischer Samen dem Fruchtfleische entnommen.
	21. V.	3. VI.	13				
Tydaea hybrida var. *grandiflora*	3. II.	24. II.	21	22. V.	4. VI.	13	
Tydaea Lindeni	27. I.	18. III.	51	25. IV.	1. VI.	36	
Isoloma hirsutum . . .	3. II.	20. II.	17	22. V.	4. VI.	13	
Isoloma hirsutum multiflorum	27. I.	22. II	26	25. IV.	3. VI.	38	
Gesneria aurantiaca . .	27. I.	11. II.	15	25. IV.	18. V.	23	
	3. II.	18. II.	15	22. V.	5. VI.	14	
	24. VII.	19. VIII.	26	16. I.	30. I.	14	
Gesneria macrantha . .	13. VI.	2. VIII.	50	16. I.	30. I.	14	
Streptocarpus grandis . .	9. II.	—	—	18. XII.	25. II.	69	
Naegelia zebrina . . .	27. I.	11 II.	15	25. IV.	18. V.	23	
Gloxinia hybrida erecta grandiflora	3. II.	18. II.	15	22. V.	3. VI.	12	

Aus der vorstehenden Tabelle ist all das, was hier zu berücksichtigen ist, mit Ausnahme betreffs *Monophyllaea*, auf die ich zum Schlusse zurückkomme, ohne weiteres zu ersehen. Die Daten, je eine Versuchsreihe betreffend, befinden sich auf einer Horizontallinie.

Meine früheren Beobachtungen haben ergeben, daß sich entweder ein Keimverzug in verschieden starkem Grade einstellt, oder, wenn auch selten, keiner; in einem Falle erfolgte sogar eine Beschleunigung der Keimung, wenn die Samen eine gewisse Zeit dunkel gehalten und dann ans Licht gebracht wurden. Die Resultate der eben angeführten Versuchsreihen zeigen jedoch, daß nur in drei Fällen eine deutlich bemerkbare Verzögerung hinsichtlich der Samenkeimung nach vorhergegangener Verdunkelung zu bemerken war, in 11 Fällen hingegen stellte sich nach einer solchen eine Beschleunigung der Keimung ein, und es war nur für eine Art ganz gleichgültig, ob der Samen verdunkelt wurde oder nicht. Was die Ursache dieser von einander abweichenden Ergebnisse ist, vermag ich leider nicht zu sagen, da sämtliche Versuche im Laufe mehrerer Jahre durchgeführt wurden, während welcher die Lichtintensitäten selbst in ein und denselben Monaten sicherlich nicht gleich waren; auch das Alter der Samen, das ich nicht immer genau kannte, wird hiefür vielleicht verantwortlich zu machen sein, ebenso die Temperatur, die, wie bereits erwähnt, in manchen Fällen schwankte.

Einer näheren Betrachtung müssen zum Schlusse die Keimungsverhältnisse von *Monophyllaea*-Samen unterzogen werden, da diesbezüglich entgegengesetzt lautende Beobachtungen vorliegen. FRITSCH[1]) konnte Samen, den er aus dem botanischen Garten in Leiden bezogen hatte, nicht zur Keimung bringen, ebensowenig keimte er dort, und auch in Kew machte man mit daselbst geerntetem Samen die gleiche unangenehme Erfahrung. Mir ging es hier anfangs auch diesbezüglich nicht besser, während es nach FRITSCH im Wiener und Prager botanischen Garten leicht gelang, Pflanzen aus solchem Samen heranzuziehen, der noch nicht innerhalb der Frucht gekeimt war[2]). Aller Wahrscheinlichkeit nach ist

1) Die Keimpflanzen der *Gesneriaceen* l. c., S. 51.

2) *Monophyllaea Horsfieldii* ist bekanntlich eine vivipare Pflanze, worauf schon v. WETTSTEIN s.z. FRITSCH aufmerksam gemacht hat. Ich zog anfangs mein ganzes Versuchsmaterial aus bereits in der Frucht gekeimten Pflänzchen heran, während eine derartige Anzucht dem Gärtner im Wiener botanischen Garten nicht gelungen ist. Vgl. FRITSCH l. c. und FIGDOR: Über Restitutionserscheinungen an Blättern von Gesneriaceen. PRINGSHEIMs Jahrbücher f. wiss. Botanik Bd. 44 (1907), S. 44, Fußnote 1.

das verschiedene Verhalten der Samen betreffs der Keimung darauf zurückzuführen, daß die mit Samen beschickten Kulturgefäße das eine Mal im Lichte standen, das andere Mal dunkel gehalten wurden, und dann keimte eben der Samen nicht, da man ja damals nicht wußte, daß das Licht hiebei eine Rolle spielt. Es schien mir jedoch auch nicht ausgeschlossen zu sein, daß die Samen, die, wie bereits erwähnt, normaler Weise in der Kapsel keimen, durch Austrocknen ihre Keimkraft eingebüßt hatten. Versuche zeigten jedoch, daß schwarz gefärbte, also schon ziemlich reife Samen einer noch ungeöffneten, grünen Kapsel entnommen, wenigstens vier Wochen[1]) hindurch einer Temperatur von ca. 22° C ausgesetzt werden können, ohne daß die Keimfähigkeit beeinträchtigt wird. Andrerseits stellte es sich heraus, daß selbst nicht vollständig ausgebildeter Samen, der aus noch ganz unreifen, grünen Kapseln stammte, wofern er nur einen gewissen Reifegrad[2]) erreicht hatte, gut keimte und normale Pflänzchen lieferte. Ob das Abtrennen der Kapsel von der Mutterpflanze resp. die Längsspaltung der Frucht[3]), also ein operativer Eingriff, ursächlich (indirekt) mit der vorzeitigen Keimung im Zusammenhange steht, eine Ansicht, die JOHANNSEN[4]) allgemein ausspricht, müssen weitere Untersuchungen lehren, gerade so wie, ob bei Vertretern der Gesneriaceen überhaupt der Einfluß des Lichtes auf die Keimung der Samen durch irgendwelche Faktoren wettgemacht werden kann.

Biologische Versuchsanstalt in Wien.

---

1) Über diesen Zeitraum hinaus wurden derartige Versuche nicht durchgeführt.

2) Die Samenkörner dürfen nicht mehr weiß, sondern müssen bereits dunkel gefärbt erscheinen. Über das Keimen von unreifen Samen vgl. u. a. KINZEL: Über die Keimung von *Cuscuta lupuliformis*, Landw. Versuchsstationen Bd. 55 (1901), S. 255, u. WIESNER: Biologie 2. Auflage (Wien 1901), S. 56.

3) Die eine Hälfte wurde im Dunkeln, die andere am Lichte auf Erde gelegt, und beobachtet.

4) JOHANNSEN: Das Ätherverfahren beim Frühtreiben etc. (bei G. FISCHER in Jena 1906) S. 11.

80. E. Molz und O. Morgenthaler: Die Sporotrichum-Knospenfäule, eine für Deutschland neue Nelkenkrankheit. (Zugleich ein Fall von Symbiose.)

(Mit Tafel XIX und 1 Textfigur.)

Aus der Versuchsstation für Pflanzenkrankheiten in Halle a. S.

(Eingegangen am 28. November 1912.)

Die Tatsache, daß die Nelke heute zu einer unserer am meisten begehrten Blumen zählt, hat zu einer weitgehenden Vervollkommnung ihrer Kultur und zu einem sehr regen Austausch der Neuzüchtungen zwischen den verschiedenen Ländern geführt. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens neuer Krankheitserscheinungen in den deutschen Nelkenkulturen war damit sehr nahe gerückt, wissen wir doch, daß der Pflanzenimport für das Auftreten so vieler gefährlicher Schädlinge unserer Kulturpflanzen in Deutschland verantwortlich gemacht werden muß. Auch die im nachstehenden geschilderte Nelkenkrankheit dürfte aus dem Ausland und zwar von Nordamerika in den letzten Jahren bei uns eingeschleppt worden sein, da diese Krankheit bereits dort aufgetreten und ihre Erscheinungsform von amerikanischen Phytopathologen beschrieben worden ist.

Unserer Versuchsstation wurden kranke Nelkenblüten am 12. September 1912 zwecks Untersuchung von einer thüringischen Nelkenzüchterei zugesandt. Die Krankheitserscheinungen waren kurz folgende: Die Nelkenblumen befanden sich größtenteils im Zustande der halb geöffneten Knospen. Ein kleiner Teil war noch weiter zurück und die Petalen erst wenig aus den Kelchblättern herausgetreten. An den letzteren Blüten machte sich die Krankheit sofort durch eigenartig verkräuselte, unregelmäßige Lage der über die Kelchblätter herausragenden Blumenblätter bemerkbar, während bei halbem Aufblühen der Blüten ihr krankhafter Zustand nicht überall auf den ersten Blick in die Augen fiel. Schnitt man eine solche Blüte aber mitten durch, dann ließ sie im Innern eine faulige Beschaffenheit und bräunliche Verfärbung erkennen. Hier und da sah man auch einige weißliche Pilzrasen, die wir als zu der Mucedinaceengattung *Sporotrichum* gehörig bestimmten. Außerdem wurden in allen kranken Blüten

kleine weißliche Tiere gefunden, die wir sofort als angeschwollene, trächtige Weibchen aus der Milbenfamilie der Pediculoidinen erkannten (siehe Taf. XIX, Fig. 2).

Über das Zusammenvorkommen einer Milbe mit *Sporotrichum* in Nelken in Verbindung mit den genannten Krankheitserscheinungen liegen zwei amerikanische Untersuchungen vor. In beiden Fällen wurde das erste Auftreten im Jahre 1905 beobachtet. HEALD und WOLCOTT [1]) beschreiben die Erscheinung aus dem Staate Nebraska. Der Pilz wurde von PECK [2]) als neue Art *Sporotrichum anthophilum* beschrieben, jedoch teilt schon HEALD die ihm brieflich übermittelte Anschauung STEWARTs, daß der vorgenannte Pilz identisch sei mit *Sporotrichum Poae* Peck.

Die Milbe wurde von WOLCOTT Pediculoides dianthophilus n. sp. genannt. Das auffällige Zusammenvorkommen der beiden Organismen konnte nicht befriedigend erklärt werden. Nur stellte HEALD durch Infektionsversuche fest, daß der Pilz allein, also ohne Mitwirkung der Milbe, imstande ist, die Knospenfäule hervorzurufen. 83 pCt. der auf diese Weise künstlich infizierten Knospen erkrankten. Auch wurde der Vermutung Ausdruck gegeben, daß durch die Milben die Pilzsporen verbreitet und auf gesunde Pflanzen verschleppt werden.

STEWART und HODGKISS [3]) beschreiben das Auftreten der Krankheit im Staate New-York und teilen zugleich Beobachtungen von DAVIS mit, der über die gleiche Erscheinung aus dem Staate Illinois berichtet. Nach ihren Angaben wurden die weißen Varietäten, besonders Lawson, am stärksten befallen. Die hellroten Sorten wurden nur in geringem Maße, die dunkelroten überhaupt nicht angegriffen. Die Krankheit trat drei Jahre hindurch (1905, 1906 und 1907) in gleicher Stärke, zu ca. 6 bis 8 pCt., auf. Die meisten kranken Knospen fanden sich zwischen dem 1. Oktober und 1. Januar. Von Mitte Januar ab verschwand die Krankheit.

Auch STEWART identifiziert den Pilz mit *Sporotrichum Poae* Peck, das von ihm zum ersten Mal im Jahre 1902 auf *Poa pratensis* gefunden wurde. Auch auf dieser Nährpflanze wird der Pilz merkwürdigerweise öfters in Gesellschaft mit der gleichen Milbe angetroffen. Für die Vereinigung der beiden *Sporotrichum*-arten spricht nach STEWART außer der Übereinstimmung in Form und Größe der Hyphen, Hyphenzweige und Sporen noch das regelmäßige Vorkommen von septierten Sporen, die er bei beiden

1) Nebraska, Experiment Station, Bulletin Nr. 103, Vol. XX, Art. IV. 1907.
2) Bull. New York State Museum, 105, 1906.
3) New-York, Agr. Exp.-Station, Techn. Bulletin Nr. 7, 1908.

Arten zu 0,5 bis 1 pCt., ausnahmsweise bis zu 4 pCt. zwischen den normalen, einzelligen vorfand; ferner das gleiche Verhalten der beiden Pilze in Reinkultur auf verschiedenen Nährböden (z. B. Rotfärbung gewisser Substrate). Und schließlich wurde die Identität durch Infektionsversuche ziemlich sicher erwiesen: STEWART infizierte gesunde Nelken mit von *Poa* stammendem *Sporotrichum*, und die Versuche fielen, allerdings nicht durchweg, positiv aus.

Die Milbe ist nach HODGKISS Pediculopsis graminum Reuter. Sie wurde zuerst im Jahre 1900 unter dem Namen Pediculoides graminum von REUTER als hauptsächlichster Erreger der sogenannten Weißährigkeit vieler Wiesengräser beschrieben[1]). Durch weitere Untersuchungen wurde REUTER dazu geführt, für diese Art „wegen bedeutender Unterschiede, namentlich in der Mundbildung, der Gattung Pediculoides gegenüber" eine neue Gattung, Pediculopsis, aufzustellen[2]). Die Bestimmung der in den Nelkenknospen vorkommenden Milben als Pediculopsis graminum wurde von REUTER selbst nachgeprüft und bestätigt. Die von WOLCOTT beschriebene Art (Pediculoides dianthophilus) erwies sich als damit identisch.

Durch Vergleiche und Messungen stellten wir fest, daß uns in den aus Thüringen eingesandten Nelken ebenfalls *Sporotrichum Poae* Peck und Pediculopsis graminum Reuter vorlagen. Für die verschieden gestalteten Pilzsporen maßen wir folgende Dimensionen:

1. Runde Sporen: 6—9 μ Durchmesser
2. Birnförmige einzellige Sporen: Länge 10 —14 μ
   Größte Breite 6,5— 9 μ
3. Birnförmige zweizellige Sporen: Länge 13 —15 μ
   Größte Breite 6,5— 9 μ

Die Breite der Hyphen betrug 2,5—4 μ.

Unseres Wissens ist *Sporotrichum Poae* bis jetzt in Deutschland nicht beobachtet worden. SACCARDO[3]) führt den Pilz nur aus Nordamerika an. Pediculopsis (Pediculoides) graminum dagegen wurde in Deutschland und anderen europäischen Ländern mehrfach beschrieben, so u. a. von KORFF[4]), der die Milbe als

1) Acta soc. pro Fauna et Flora Fennica XIX, Nr. 1, 1900.

2) Festschrift für Palmèn, Nr. 7, Helsingfors 1907 und Acta societ. scientiarum Fennicae, T. XXXVI, Nr. 4, 1909.

3) Sylloge Fungorum Bd. 18, p. 52o.

4) Prakt. Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Jahrg. 3, 1905, p. 109.

Schädling auf Getreide in Bayern anführt. Auf *Dianthus* ist sie bisher aus Deutschland nicht bekannt.

Im vorliegenden Falle scheint eine Einschleppung der *Sporotrichum*-Fäule direkt aus Amerika durch Bezug von Nelken durch die in Frage kommende Nelkenzüchterei erfolgt zu sein, da nach einer Mitteilung dieser Firma von dort ein solcher Import stattgehabt hat. Die Krankheitserscheinungen machten sich sofort bei Beginn der Blüte im Anfang August bemerkbar und zeigten bis Mitte September keine Verminderung in der Stärke ihres Auftretens. Besonders stark befallen zeigten sich die gelbrot und weißrot gestreiften Sorten. Am 17. Oktober erhielten wir jedoch von dort folgende Nachricht: „Seit etwa acht Tagen zeigt sich die Krankheit nur noch in ganz vereinzelten Fällen. Seit Anfang dieses Monats wird regelmäßig geheizt und hatten wir vielfach sonniges Wetter, beide Umstände mögen zum Nachlassen der Krankheitserscheinungen beigetragen haben." Am 7. November wurde uns schließlich mitgeteilt, daß nun die Krankheit an den Nelkenblumen vollständig verschwunden sei.

Unsere Beobachtungen im Laboratorium an abgeschnittenen Nelkenblumen wie auch an Blumen tragenden Nelkenpflanzen ließen einen deutlichen auch von STEWART (l. c. p. 101) erwähnten Zusammenhang zwischen der Größe der Luftfeuchtigkeit und der Intensität der Krankheit erkennen. Der Pilz entwickelte sich an den befallenen, unter einer Glasglocke befindlichen Knospen sehr üppig und trat auch am äußeren Teil der Knospe vornehmlich an den oben sichtbaren Petalen in Form eines weißen, watteartigen Mycelbelages hervor (siehe Taf. XIX, Abb. 1). Anderenteils konnten wir an Pflanzen, die im Laboratorium ohne Bedeckung aufgestellt worden waren, ein gänzliches Vertrocknen der erkrankten Knospen wahrnehmen.

Je üppiger das *Sporotrichum* sich entwickelte, desto rascher schritt die Fäulnis im Innern der Blüten vorwärts, um so größer waren allemal aber auch die sich in einer solchen Blütenknospe aufhaltenden, angeschwollenen weiblichen Geschlechtstiere (♀-Prosopa) von Pediculopsis graminum (Taf. XIX Fig. 3). Für diese Tatsache lassen sich zwei Erklärungen geben. Einmal kann man annehmen, daß die Krankheit durch die Milbe übertragen wird, und daß die Stärke des Befalles dann abhängig ist von der Zahl der in eine Blüte eingewanderten Tiere, bzw. der durch diese erzeugten Infektionsstellen. Es ist aber auch möglich, ja sogar sehr wahrscheinlich, daß die durch *Sporotrichum* hervorgerufene Fäule den geschlechtsreifen Weibchen besonders günstige Bedingungen zur vollen Ent-

wicklung gibt, denn ihr Aufenthalt und ihre Weiterentwicklung scheint an Verhältnisse geknüpft zu sein, wie sie der Pilz in der Knospe erzeugt. Diese Auffassung hat in den Beobachtungen REUTERS (1909)[1]), daß die Weiterentwicklung der ♀-Prosopa von Pediculopsis graminum in Wiesengräsern nur dann stattfindet, wenn die notwendige Nährflüssigkeit vorhanden ist, eine wesentliche Stütze. Dieses Nährsubstrat ist nach REUTER besonders in toten Halmen gegeben, die unter der Einwirkung von Schimmelpilzen eine faulige, halb breiartige Beschaffenheit angenommen haben. Solche faulige Halmpartien bieten den Milben besonders günstige Ernährungsbedingungen.

Im Lichte dieser Erkenntnis gewinnen wir Verständnis für die ökologische Bedeutung des Zusammenvorkommens von Pilz und Milbe in unserem Falle. Die schon von den amerikanischen Forschern vermuteten Beziehungen zwischen *Sporotrichum Poae* und Pediculopsis graminum in Nelkenblüten werden durch eine von uns gemachte Beobachtung ziemlich befriedigend aufgeklärt. In der Nähe einer mit infizierten Nelkenblüten gefüllten Doppelschale standen einige PETRI-Schalen, die mit Apfelsaft-Gelatine ausgegossen waren. Diese Gelatineplatten zeigten sich nun teilweise mit *Sporotrichum* spontan infiziert (siehe nebenstehende Abbildung). Zunächst glaubten wir, daß hier ein Sporenanflug stattgefunden habe, doch stellte das nach einiger Zeit zahlreiche Auftreten von stark angeschwollenen ♀-Prosopa von Pediculopsis graminum innerhalb der Kulturen eine andere Erklärung, nämlich die der Einschleppung von *Sporotrichum*-Sporen durch die Milbe einigermaßen sicher. Die Richtigkeit dieser Annahme wird gestützt durch die weitere Tatsache, daß die Ausbreitung des Pilzthalloms auf den Platten allemal von der Stelle aus erfolgte, an der die Milben sich in der Gelatine festgesetzt hatten. Auch das von uns häufig beobachtete Haften von *Sporotrichum*-Sporen und ganzen Mycelstücken an den Haaren der Milben gibt dieser Auffassung eine reale Grundlage. In gutem Einklang damit steht auch die Entwicklung der Krankheit in den Nelkenblüten. Sie schreitet von innen nach außen und nicht von außen nach innen fort. Diese Beobachtung führte schon DAVIS (l. c. p. 88) dazu, die Milbe als Überträgerin der Pilzsporen anzusprechen. Deutlich konnten wir in einigen Fällen auch in den Nelkenblüten feststellen, wie das Pilzmycel von der Ansatzstelle der Milbe aus peripher sich verbreitete, ähnlich wie wir das oben bei der Spontaninfektion auf Gelatineplatten beschrieben haben.

1) Acta Soc. Scientiarum Fennicae, T. XXXVI, Nr. 4, 1909, p. 9.

Es hat den Anschein, als ob sich die Milbe in den Plattenkulturen von der unterhalb des Pilzthalloms schwach verflüssigten Apfelgelatine, in die sie sich deutlich mit dem Vorderteil eingebohrt hatte, ernährte. Eine Beschädigung der Pilzkulturen durch Pediculopsis konnten wir in keinem Falle beobachten. Analog dazu sowie unter Zugrundelegung der erwähnten Beobachtung REUTERs über die Nahrungsaufnahme der Milbe an Gräsern dürfen

Fig. 1. Durch spontane Infektion infolge Milbeneinwanderung entstandene Plattenkultur von *Sporotrichum Poae* auf Apfelsaftgelatine mit zahlreichen trächtigen ♀-Prosopa von Pediculopsis graminum.

wir annehmen, daß Pediculopsis graminum sich in den Nelken von den faulenden Blumenblättern ernährt. Zwischen Milbe und Pilz bestehen somit ausgesprochene symbiotische Beziehungen. Die Milbe trägt zur Ausbreitung des Pilzes bei während der Pilz der Milbe die Nahrung mundgerecht macht und ihre Brutpflege unterstützt. Infolge der Wirkung des Pilzes werden die Blumenblätter in eine feuchte, faulige Masse verwandelt, die besonders zur Ernährung der Milben geeignet ist, während andererseits die infolge der Pilzeinwirkung geschlossen bleibenden Blüten

den sich entwickelnden ♀-Prosopa das so notwendige dauernd feuchte Medium bieten.

Wir verhehlen uns nicht, daß durch unsere Beobachtungen die Tatsache, daß auf zwei so verschiedenen Nährpflanzen wie *Poa* und *Dianthus* gerade *Sporotrichum Poae* und nicht irgend ein anderer Pilz in Begleitung der Milbe vorkommt, nicht genügend erklärt wird. Vermutlich sind die beiden Parasiten noch durch irgendwelche engeren Beziehungen miteinander verbunden. Für die Milbe dürfte nur das Zusammenleben mit einem solchen Pilz von Vorteil sein, der wie *Sporotrichum Poae* als echter Parasit die gesunde Nährpflanze rasch und energisch angreift und zerstört, der aber auch nachher halb oder ganz saprophytisch auf dem abgetöteten und vermodernden Gewebe zu leben vermag.

Die Zahl der in einer Blüte vorhandenen trächtigen Weibchen nahm mit dem Fortschreiten der Fäulnis immer mehr zu. Sie betrug am 5. Oktober etwa 25 Stück pro Blüte, am 25. Oktober etwa 50—60 Stück. Neben den trächtigen Weibchen wurden an dem zuletzt angeführten Datum auch bereits sehr zahlreiche junge Milben (♂-Prosopa und ♀-Nymphen) beobachtet, auf der nach innen gerichteten Seite eines Kelchblattes in einem Falle in solcher Menge, daß diese Stelle aussah wie mit einem rostfarbenen Pulver überstreut.

Die jungen Milben kriechen meist bereits innerhalb der Fundatrix aus den Eiern, die ♂-Prosopa meist etwas früher als die Nymphen. Eine, wenn auch nur schwach ausgeprägte Protandrie scheint also vorzuliegen. Man trifft zuweilen aber auch Eihaufen, die bereits von der mütterlichen Hülle entblößt sind und dann entweder in Klumpenform oder flach auf den faulenden Petalen ausgebreitet zusammenliegen. Die sich entwickelnden Eier haben hier offenbar zu einem Platzen der Uteruswand geführt. Gewöhnlich verlassen die jungen Milben die Eihäute innerhalb des Uterus und verweilen hier noch längere Zeit. Offenbar werden sie schließlich durch Bersten der Chitinhaut des Uterus frei, da wir ein normal gebärendes, trächtiges Weibchen niemals beobachten konnten, aber zahlreiche aufgeplatzte Uterushäute in den Nelkenblüten vorfanden. Diese Ansicht wird auch von REUTER (l. c. 1900) vertreten.

In allen von uns beobachteten Fällen entschlüpften den Eihaufen stets die achtbeinigen ♂-Prosopa und ♀-Nymphen (siehe Taf. XIX Fig. 4) niemals konnten wir das freilebende sechsbeinige Larvenstadium beobachten. Das Überspringen des freilebenden Larvenstadiums, also dessen intrauterine Entwicklung, ist nach

REUTER (1909) als ein Zeichen für besonders günstige Ernährungsverhältnisse aufzufassen.

Die Zahl der in einer Fundatrix entstehenden Männchen ist bedeutend geringer als die der Weibchen. Gegen Schluß der Embryonalentwicklung ließen sich die Geschlechter in unserem Falle schon deutlich innerhalb der Eihäute unterscheiden. Schon die mehr breitovale Form deutet dann auf männlich differenzierte Eier hin, da die übrigen mehr langgestreckt sind. Doch darf mit den ersteren nicht das in der äußeren Form ähnlich aussehende Ei im ersten Entwickelungsstadium verwechselt werden.

Wir haben bei den verschiedenen Entwickelungsformen von Pediculopsis graminum einige Messungen vorgenommen, die nachstehend zusammengestellt sind:

Lfd. Nr.	Eier						♂-Prosopon		♀-Nymphe		Angeschwollenes ♀-Prosopon	
	im Beginn der Embryonalentwicklung		mit entwickeltem ♂ Prosopon		mit entwickelter ♀-Nymphe							
	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge	Breite	Läng.	Br.	Läng.	Br.	Länge	Breite
	μ	μ	μ	μ	μ	μ	μ		μ	μ	μ	μ
1	138	105	176	104	194	84	127	72	234	77	1523	1350
2	156	133	170	109	203	88	125	66	264	85	1613	1354
3	150	101	176	101	209	91	151	84	244	75	1680	1162
4	137	105	164	108	215	98	159	75	248	82	1238	878
5	185	159	—	—	202	98	114	68	251	79	1365	1200
6	146	108	—	—	213	91	139	73	265	85	1358	1260
7	151	133	—	—	198	82	164	85	285	95	1373	1088
8	138	100	—	—	185	90	142	73	268	91	1883	1448
9	155	95	—	—	208	84	135	76	269	85	1676	1230
10	139	107	—	—	212	83	138	83	274	98	1560	1088

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß neben der *Sporotrichum*-Fäule bei einigen eingesandten Knospen *Botrytis*-Fäule vorhanden war. Unsere Beobachtungen haben uns nun belehrt, daß die *Botrytis*-Fäule häufig sekundär als Folgeerscheinung der *Sporotrichum*-Krankheit auftritt, wenigstens wurden in unseren Laboratoriumskulturen fast sämtliche an *Sporotrichum* erkrankten Knospen schließlich von *Botrytis* befallen.

Was die Bekämpfung der eben geschilderten durch *Sporotrichum* verursachten Nelkenknospenfäule anbetrifft, so dürften gute Erfolge durch sofortiges Vernichten aller befallenen Knospen, durch Wärme (Heizung), Vermeidung zu großer Feuchtigkeit in Luft und Boden und gute Durchlüftung der Kulturhäuser zu erzielen sein. Ein Bespritzen der oberirdischen Teile der Nelkenpflanzen ist in infizierten Gewächshäusern tunlichst zu vermeiden. Auch die Verwendung von Rasenerde in Nelkenkulturen

ist nach den Erfahrungen der amerikanischen Forscher nicht ratsam, da diese Erde öfters mit Krankheitskeimen infiziert ist, die von weißährigen Wiesengräsern, besonders *Poa pratensis*, stammen.

Halle a. S. im November 1912.

Erklärung der Tafel XIX.

Fig. 1. Nelkenknospe von *Sporotrichum Poae* befallen. Entwicklung von Luftmycel an der Außenseite der Knospe nach einem zweitägigen Aufenthalt unter einer Glasglocke. (Phot.)

Fig. 2. *Sporotrichum*-kranke Nelkenknospe aufgeschnitten. Im Innern sind deutlich die angeschwollenen ♀-Prosopa von Pediculopsis graminum sichtbar. (Phot.)

Fig. 3. Trächtiges ♀-Prosopon von Pediculopsis graminum. (Mikrophot.)

Fig. 4. ♂-Prosopon und ♀-Nymphe neben Eiern im Stadium der intrauterin entwickelten Nymphen von Pediculopsis graminum. (Mikrophot.)

Fig. 5. Sporentragende Hyphen und verschiedenartige Sporen von *Sporotrichum Poae*, a) aus 6 Tage alter, b), c) und d) aus ca. 4 Wochen alter Kultur auf Apfelsaft-Gelatine (10 pCt. Apfelsaft, 10 pCt. Gelatine). (Gezeichnet mit dem Zeichenapparat von LEITZ.)

---

81. R. Kolkwitz: Über die Schwefelbakterie Thioploca ingrica Wislouch.

(Eingegangen am 29. November 1912.)

Im Oktober dieses Jahres fand ich im Frischen Haff auf der Linie Königsberg—Pillau einerseits, Heydekrug—Patersort andererseits die im Jahre 1911 von S. M. WISLOUCH entdeckte *Thioploca ingrica*, über welche der Genannte Näheres in diesem Band der Berichte S. 470—473 mitgeteilt hat. Die folgenden Zeilen sollen weitere Angaben über diesen bemerkenswerten Schwefelorganismus, besonders über seine Lebensbedingungen bringen.

Die Gattung, von der die beiden (durch Größendimensionen verschiedenen) Arten *Th. Schmidlei* Lauterborn und *Th. ingrica* Wislouch unterschieden werden, ist zurzeit von folgenden fünf Standorten bekannt: LAUTERBORN fand *Th. Schmidlei*

1. im Untersee des Bodensees in der Gegend von Ermatingen im Innern des kalkreichen Grundschlicks bei einer Tiefe von 15–20 m im April 1907 (vgl. diese Berichte, Bd. 25, 1907, S. 238–242).
2. in einer Rheinbucht unterhalb Straßburg, bei Söllingen, in feinem Schlick bei einer Tiefe von 3 m im Juli 1907 (vgl. Arb. a. d. Kais. Gesundheitsamte, 1909, Bd. 30, S. 530),

3. im Rheinhafen von Kehl bei Straßburg in kalkreichem Schlamm bei einer Tiefe von etwa 1,5 m im November 1907 (vgl. ebenda, 1909, Bd. 32, S. 43).
   WISLOUCH fand *Th. ingrica*
4. in der Mündung der Newa (Grebnoi-Fahrwasser) in der Süßwasserzone im α- bis β-mesosaproben Schlamm bei einer Tiefe von ca. 3—4 m im August 1911,
5. ich selbst fand diese Art im Frischen Haff in der Brackwasserzone in kalkschalenhaltigem, breiigem Schlamm bei einer Tiefe von 3—4 m im Oktober 1912.

Der Durchmesser der Gallertscheiden betrug 8—12 μ, der der einzelnen, zu 1 bis 4 in einer Scheide vereinigten Zellfäden ca. 4 μ. Die Zellen selbst waren meist etwas länger als breit, nicht selten aber auch im optischen Längsschnitt quadratisch, die Enden der Fäden meist zugespitzt. Die beweglichen Fäden konnten sich etwa 60 μ weit aus den Scheiden herausschieben und wieder zurückziehen, sofern diese nicht geschlossen waren.

Eine schwach bläuliche oder grünlichblaue Färbung des Zellplasmas, welche LAUTERBORN und WISLOUCH beobachtet haben, konnte ich an den mir vorliegenden Exemplaren nicht wahrnehmen. Die Fäden waren ebenso farblos wie diejenigen der gleichzeitig vorhandenen *Beggiatoa alba*. Beide erschienen auch bei Dunkelfeldbeleuchtung gleich und ohne Fluoreszenzerscheinungen, wie sie durch etwa vorhandenes Phykocyan bedingt sein könnten. Gleichwohl stimme ich aus morphologischen Gründen mit den genannten Autoren darin überein, daß *Thioploca* mit *Microcoleus* und *Hydrocoleum* verwandt sei; es ergeben sich für die fädigen Schwefelbakterien die folgenden Beziehungen zu den Spaltalgen.

Verwandtschaft zwischen *Beggiatoaceae* und *Schizophyceae*.

Thiobacteria	*Schizophyceae*
Thiothrix	wahrscheinlich festsitzendes *Phormidium*
Beggiatoa	*Oscillatoria*
Thioploca	*Microcoleus*, *Hydrocoleum*

Die Schwefeltröpfchen in den lebenden Zellen der *Thioploca ingrica* verschwanden beim Aufbewahren des mit etwas Wasser überschichteten Schlammes verhältnismäßig schnell, was auf eine relativ energische Oxydationstätigkeit der Zellen schließen läßt.

Der Schlamm des Frischen Haffs, in welchem sich die *Thioploca* fand, war von dunkelgrauer Farbe, breiiger Konsistenz und dumpfigem Geruch. Bei längerem Stehen in einer Flasche oxydierte sich an der Oberfläche des Schlammes das in ihm enthaltene Schwefeleisen zu bräunlichem Eisenoxydhydrat. Nach Zusatz von Salzsäure entwickelten sich aus dem Schlamm Bläschen von Kohlensäure, hauptsächlich bedingt durch die Gegenwart von Muschel- und Schneckenschalenresten. Über die sonstige Zusammensetzung des Schlammes und seinen wesentlichsten Organismenbestand gibt folgende Übersicht Aufschluß:

Beggiatoa alba, Flagellaten, farblos,
Aphanizomenon, abgesunken, Tubifex rivulorum, einzeln,
Anabaena flos aquae, „ Anuraeapanzer,
Coscinodiscus, „ Bythinia tentaculata,
Melosira, „ Dreissensia, meist Schalen,
Synedra acus, „ Bosminapanzer,
Surirella, *Cymatopleura*, Mysis, vereinzelt überd. Schlamm,
Amphora ovalis, Chironomus plumosus, Larven,
Detrituspartikel, organisch,
Sand, Ton,
Reste von Kalkschalen,
Schwefeleisen, wenig.

Über die chemische Beschaffenheit des Wassers an den Standorten der *Thioploca* möge die folgende Tabelle orientieren:

(Die Werte bedeuten Milligramme pro Liter.)

Ort	Temperatur	Reaktion	Cl	NH_3	N_2O_3	N_2O_5	CaO	Verbrauch an Kaliumpermanganat	freier O_2
Frisches Haff[1]) (18. X. 12)	7,0 ° C	schwach alkalisch	1220	deutliche Reaktion	nicht nachweisbar	Spuren	ca. 100	ca. 85	10—11[2])
Newa-Mündung (nach G. Wulff)	—	„	meist 3—4	< 0,1	—	—	—	ca. 30	—
Bodensee (nach Bauer und Vogel)	—	„	0,4	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	nicht nachweisbar	ca. 13	< 6	—

1) Die Analyse verdanke ich der Chemischen Abteilung der Kgl. Versuchsanstalt f. Wasservers. und Abwässerbeseitigung.

2) Auch in 3,5 m tief entnommenem Wasser.

Die Sichttiefe betrug im Frischen Haff ca. 1 m, auch an der Newa-Mündung ist sie nicht erheblich, dagegen bedeutend im Bodensee. Die Eigenfarbe des nicht getrübten Wassers ist entsprechend dem Kaliumpermanganatverbrauch im Frischen Haff und in der Newa-Mündung, im durchfallenden Licht über der weißen Scheibe, gelb, im Bodensee und im Rhein grünlich.

Die Analyse des Haffwassers läßt aus der Chlorzahl erkennen, daß es sich um Brackwasser handelte, was übrigens auch schon aus dem Vorkommen von *Coscinodiscus* und Mysis vermutet werden könnte. Der Gehalt an Chloriden unterliegt im Frischen Haff mit wechselnder Windrichtung begreiflicherweise deutlichen Schwankungen.

Überblickt man die vorstehenden Analysenwerte der Wässer von den verschiedenen Standorten der *Thioploca*, wobei noch bemerkt sein mag, daß die Werte für das Wasser des Oberrheins von denen des Bodensees nicht sehr wesentlich differieren, so erkennt man ohne weiteres, daß bei ihrer fundamentalen Verschiedenheit die chemische Beschaffenheit der im Wasser gelösten Verbindungen für das Vorkommen der *Thioploca* schwerlich ausschlaggebend sein kann. Anders dagegen verhält es sich mit dem Schlamm. Ehe wir seinen Einfluß näher erörtern, sei auf die beistehende Übersicht kurz verwiesen.

Zur Charakteristik der Beggiatoaceen[1])-Formation.

Name	Makroskopische Erscheinungsform	Standort
Thiothrix	weißer, flockiger Besatz	über dem Schlamm (an Stengeln, Algenfäden usw.)
Beggiatoa	weißer, schleierartiger Überzug	auf dem Schlamm
Thioploca	isolierte, weiße Fäden	im Schlamm

Zu dieser Aufstellung ist zu bemerken, daß sie zunächst auf eine gewisse Beziehung von Beständen dieser Schwefelorganismen zum Sauerstoff hinweist. *Thiothrix* gedeiht gut in strömendem, schwefelwasserstoffhaltigem Wasser und scheint dadurch eine besondere Vorliebe für Luftzufuhr erkennen zu lassen. *Beggiatoa* ist in diesem Punkt schon genügsamer, aber nicht so weitgehend anspruchslos in bezug auf Sauerstoffversorgung, daß sie sich in einen

1) Die einzelligen, z. T. planktonischen Vertreter sind hier nicht berücksichtigt.

durch starke Reduktionsprozesse beherrschten Schlamm verkriechen würde; sie bildet makroskopisch sichtbare Bestände nur auf dem Schlamm.

Wenn endlich *Thioploca* hauptsächlich im Schlamm lebt, so darf man daraus nicht den Schluß auf anaerobe Lebensweise ziehen, da die für den genannten Organismus in Frage kommende Verarbeitung des Schwefelwasserstoffes ein Oxydationsprozeß ist, der schwerlich intramolekular verläuft. Der Schlamm, in welchem *Thioploca* gefunden wird, ist locker und nicht von stürmisch verlaufenden Reduktionsprozessen beherrscht, womit auch sein relativ geringer Gehalt an Schwefelwasserstoff in gutem Einklang steht. Das über ihm stehende Wasser unterliegt keiner bemerkenswerten Sauerstoffzehrung, so daß der Schlamm mit gut belüftetem Wasser in Berührung bleibt, im Frischen Haff zur Zeit der Untersuchung sogar mit einem Wasser, das nahezu mit Sauerstoff gesättigt war. Ein weißer Überzug von *Beggiatoa* auf solchem Schlamm, welcher mit *Thioploca* besiedelt ist, wäre kaum denkbar, da eine solche Schicht von Schwefelbakterien den Sauerstoff von den darunter liegenden Partien zu stark zurückhalten würde. Der Kalkgehalt des Schlammes könnte namentlich dazu beitragen, den Verlauf der im Schlick sich abspielenden Zersetzungsprozesse zu mildern. Der *Thioploca*-haltige Schlamm wird in dem weniger lichtdurchlässigen gelben Wasser nicht so tief unter der Wasseroberfläche liegen dürfen wie in dem besser durchleuchteten und meist gut durchlüfteten grünen Wasser.

In der Bearbeitung der Schizomycetes für die Kryptogamenflora der Mark Brandenburg habe ich 1909 auf Grund der damals vorliegenden Standortsangaben die Vermutung ausgesprochen, daß die vorliegende Gattung auch über das Rheingebiet hinaus verbreitet sein dürfte. Es gewinnt den Anschein, daß *Thioploca* weniger selten ist, als man bisher glaubte und nur übersehen worden ist, weil Untersuchungen an für ihr Gedeihen geeignetem Schlamm noch nicht oft vorgenommen worden sind.

Sitzung vom 27. Dezember 1912.

Vorsitzender: Herr J. BEHRENS.

Als ordentliche Mitglieder werden vorgeschlagen Fräulein
Nothmann-Zuckerkandl, Dr. **Helene** in **Prag**, Pflanzenphysiolog. Institut der deutschen Universität (durch F. CZAPEK und K. BORESCH),
die Herren:
Tanaka, Dr. **Ch.**, Professor der Botanik an der Hochschule für Seidenbau und Spinnerei in **Uyeda**, Schinano (Japan), (durch S. IKENO und K. MIYAKE),
Klenke, Dr. **Heinrich** in **Göttingen**, Pflanzenphys. Institut (durch G. BERTHOLD und A. PETER),
Rawitscher, Dr. **F.**, Assistent am bot. Institut in **Freiburg i. B.** (durch F. OLTMANNS und A. TRÖNDLE),
Noack, **Konrad**, cand. rer. nat. in **Freiburg i. B.** (durch F. OLTMANNS und A. TRÖNDLE),
Noack, Dr. **Kurt**, Assistent am bot. Institut in **Tübingen** (durch H. VÖCHTING und E. LEHMANN).

Als ordentliche Mitglieder werden proklamiert die Herren:
Porodko, Dr. **Th.** in **Odessa**,
Schmid, Dr. **Günther** in **Jena**,
Schneider, Dr. **Fritz** in **Berlin**,
Jakowatz, Dr. **A.**, Professor in **Tetschen-Liebwerd**.

Der Vorsitzende macht darauf aufmerksam, daß sich für die in den Voranschlag für das Jahr 1912 (siehe 1. Generalversammlungsheft (S. 7)) eingestellten 500 M. zur Förderung wissenschaftlicher Arbeiten bisher kein Bewerber gefunden hat.

Das Ergebnis der Wahl des Präsidenten, seines Stellvertreters und der Ausschußmitglieder für das Jahr 1913 wurde vom Vorsitzenden verlesen. Die Wahlen waren schriftlich gemäß § 22 der Satzungen vollzogen. Die Öffnung der Umschläge und Zählung der Stimmzettel wurde am 18. Dezember von Herrn P. CLAUSSEN und dem Sekretär vorgenommen. Im ganzen sind 239 gültige Wahlzettel eingesandt; die für die einzelnen Herren abgegebenen Stimmen schwanken zwischen 239 und 230. Sämtliche von der Kommission vorgeschlagenen Herren sind gewählt worden:

Präsident: R. v. WETTSTEIN-Wien.

Stellvertreter des Präsidenten: E. BAUR-Berlin.

Ausschußmitglieder:

F. CZAPEK-Prag,
G. KARSTEN-Halle a. S.,
F. PAX-Breslau,
J. REINKE-Kiel,
A. WIELER-Aachen,
H. AMBRONN-Jena,
M. BÜSGEN-Hann.-Münden,
L. DIELS-Marburg,
O. DRUDE-Dresden,
FR. v. HÖHNEL-Wien,
E. FISCHER-Bern,
G. BECK v. MANNAGETTA-Prag,
H. DINGLER-Aschaffenburg,
M. MÖBIUS-Frankfurt a. M.,
C. WEHMER-Hannover.

Mitteilungen.

82. H. Selk: Coscinodiscus-Mikrosporen in der Elbe.

(Eingegangen am 3. Dezember 1912.)

Bei Untersuchung des Elbplanktons wurden in Coscinodiscen, welche — unter Berücksichtigung des Coscinodiscuschaos — dem Formenkreise von *Coscinodiscus biconicus* van Breemen angehören dürften, Mikrosporen von mir beobachtet. Die Zahl derselben schwankte in den einzelnen Diatomeen von vier bis über sechzehn derart, daß daraus auf eine ungleichmäßige weitere Teilung der zuerst gebildeten Mikrosporen zu schließen ist.

Die Planktonproben waren der Elbe gegenüber der Mündung des Nord-Ostsee-Kanals bei Hochwasser in Tiefe von 7,5 und 15 m am 7. Juni 1909 von Herrn VOLK für die hamburgische Elbuntersuchung entnommen worden.

In der Elbe finden sich nicht selten Haufen kleiner zentrischer Diatomeen, deren Schalenstruktur in diesem Zustande sehr oft noch nicht so weit entwickelt ist, daß die Art sicher bestimmt werden kann. Nach dem Auffinden der erwähnten Mikrosporen ist es höchstwahrscheinlich, daß diese Haufen zum Teil denselben ihren Ursprung verdanken, also kleine *Coscinodiscus biconicus* sind. Teilweise gehören jedoch die Haufen der *Coscinodiscus subtilis*-Gruppe und dem *Actinoptychus undulatus* an.

Hamburg, Institut für allgemeine Botanik, November 1912.

83. P. Jaccard: Über abnorme Rotholzbildung.

(Mit 5 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 13. Dezember 1912.)

Bekanntlich bildet sich das Rotholz auf der unteren Seite der horizontalen Coniferen-Zweige; dieselbe Erscheinung zeigen auch häufig die Zweige auf der dem herrschenden Winde entgegengesetzten Seite.

R. HARTIG, der das Rotholz auch als Druckholz bezeichnet, vertritt die Auffassung, daß die Rotholztracheiden ihre Eigentümlichkeiten dem Längsdrucke verdanken, welcher zufolge des Eigengewichtes des Organs auf der unteren bzw. concaven verkürzten Seite entsteht. Im Gegensatz zu dem Druckholz wird das Holz der entgegengesetzten Seite als Zug- auch Weißholz bezeichnet.

In seinen „Holzuntersuchungen, Altes und Neues“[1]) wurde von R. HARTIG, abgesehen von den künstlich verursachten Umkehrungen der Dorsiventralität, nur eine einzige Ausnahme zu dieser allgemeinen Regel erwähnt, nämlich der Fall, wo infolge Verletzung bei geköpften Fichten Seitenäste zum Ersatzgipfel sich entwickeln und sich nach oben überbiegen. Bei solchen Bäumen kommt es nicht selten vor, daß ein infolge geotropischen Reizes sich aufbiegender Ast im oberen Teile so weit übergebogen wird, daß sein Gewicht nicht mehr auf die Außen- resp. Unterseite, sondern auf seine Oberseite einen Druck ausübt und zwar da, wo die concave Krümmungsstelle gelegen ist. An solchen Ästen tritt nun die merkwürdige Erscheinung auf, daß die beiden Reize, welche Rotholz erzeugen, gleichzeitig und getrennt zur Wirkung kommen: daß also auf der Unterseite Rotholzbildung als Folge des Schwerkraftreizes, auf der Oberseite aber Rotholz als Folge des Längsdruckreizes zum Vorschein kommt[2]). Neuerdings ist es mir gelungen, beim Sammeln von Materialien betreffend das exzentrische Dickenwachstum, zwei neue Beispiele von Rotholzbildung auf der Oberseite zu beobachten.

1) Berlin 1901. S. 82.
2) loc. cit. S. 82, Fig. 35 u. 36.
loc cit S. 84.

Das erste betrifft eine Schwarzkiefer (*Pinus nigra*) des Kantonsspitalgartens in Zürich, die frei an der Straße wächst. Es handelt sich um einen starken beinahe horizontal wachsenden oder schwach aufwärts gebogenen Zweig, welcher von der oberen Seite eines größeren Astes herstammt. In der Nähe seiner Ansatzstelle zeigte sich eine deutliche Aufwärtskrümmung.

Fig. 1 stellt einen Querschnitt durch die gekrümmte Basis dieses Zweiges dar, wobei eine ausgeprägte Rotholzbildung auf der

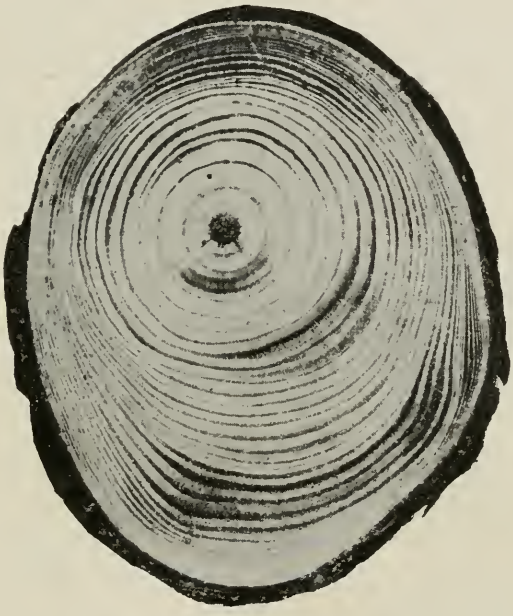


Fig. 1. Querschnitt durch einen Ast von *Pinus nigra* mit Rotholzbildung auf der oberen und auf der unteren Seite. Das Rotholz zeichnet sich durch die dunkle Farbe aus. Wenn Rotholz oben angelegt ist, so fehlt es unten in dem entsprechenden Ringe. Photo. $^3/_4$ natürl. Größe.

oberen sowie auf der unteren Seite zum Vorschein kommt. Die Rotholzbildung auf der Oberseite läßt sich bis zu einer Entfernung von 30 cm, von der Ansatzstelle aus gemessen, verfolgen, d. h. bis da, wo die Aufwärtskrümmung verschwindet und der Zweig die horizontale Lage einnimmt.

Wie gewöhnlich bei den Coniferen, war die untere Seite bedeutend breiter als die obere.

Aus Fig. 1 tritt außerdem deutlich hervor, daß bei den letztgebildeten Jahrringen ein ausgeprägtes Rotholz bloß auf

der Oberseite entstanden ist; dagegen fehlt es bei denselben Ringen auf der Unterseite.

Da die aufwärts gekrümmte Oberseite des betreffenden Zweiges einer Zugspannung und nicht einem Längsdrucke ausgesetzt war, so muß man annehmen, daß die Rotholzbildung nicht notwendigerweise mit dem Vorhandensein eines Längsdruckes verbunden ist, und daß Rotholz auch unter starker Zugspannung zu entstehen vermag.

Fügen wir noch hinzu, daß die südliche freie Seite des Baumes, aus welcher der untersuchte Zweig stammt, keinem stark dominierenden Wind ausgesetzt, und schließlich, daß die Wirkung der Schwerkraft bei diesem Zweig eine normale war, d. h. eine solche, welche gewöhnlich bei den wagerechten Coniferen-Ästen die Bildung von Rotholz auf der unteren Seite allein bewirkt.

Aus der mikroskopischen Untersuchung zeigte sich, daß die Struktur der Rotholztracheiden auf den beiden Seiten genau dieselbe ist. Aus Druck- und Biegungsproben stellte sich heraus, daß sich auch in ihren mechanischen Eigenschaften kein merklicher Unterschied zwischen den beiden Seiten geltend macht.

Der zweite Fall wurde an Zweigen von *Pinus montana* Mill. var. *uncinata* Ramon aus dem Torfmoor La Vraconnaz beobachtet. Auf dem Hochmoor La Vraconnaz bei St. Croix (wadtländisch. Jura) bei ca. 1200 m bildet *Pinus uncinata* einen reinen Bestand von kümmerlichen ca. 2—3 m hohen Exemplaren (sog. „Kuscheln"), deren Zweige verschiedenartige Krümmungen aufweisen, die in keinem Zusammenhang mit einer bestimmten Windrichtung stehen.

Im Gegensatz zu dem oben erwähnten Oberseitenholze bei *Pinus nigra* zeigen die aufwärtsgebogenen Äste unserer Torfkiefer ebensogut wie die abwärtsgerichteten Weißholz auf der oberen schmalen Seite, obgleich zufolge der Auswärtskrümmung diese Seite einem Längsdruck ausgesetzt sein sollte. Umgekehrt zeigte die untere breite Zugseite eine normale Rotholzbildung.

Schon aus diesen Tatsachen geht hervor, daß bei der Entstehung der Rotholztracheiden nicht allein der infolge des Eigengewichtes des Zweiges sich entwickelnde Längsdruck maßgebend ist, sondern daß auch andere Faktoren die Rotholzbildung bedingen müssen.

Durch die vergleichende Untersuchung der anatomischen Struktur der Ober- und der Unterseite eines und desselben Zweiges werden wir zu demselben Schluß geführt.

Fig. 2 faßt halb schematisch die anatomischen Eigentümlichkeiten zusammen, die auf dem Querschnitte eines neunjährigen

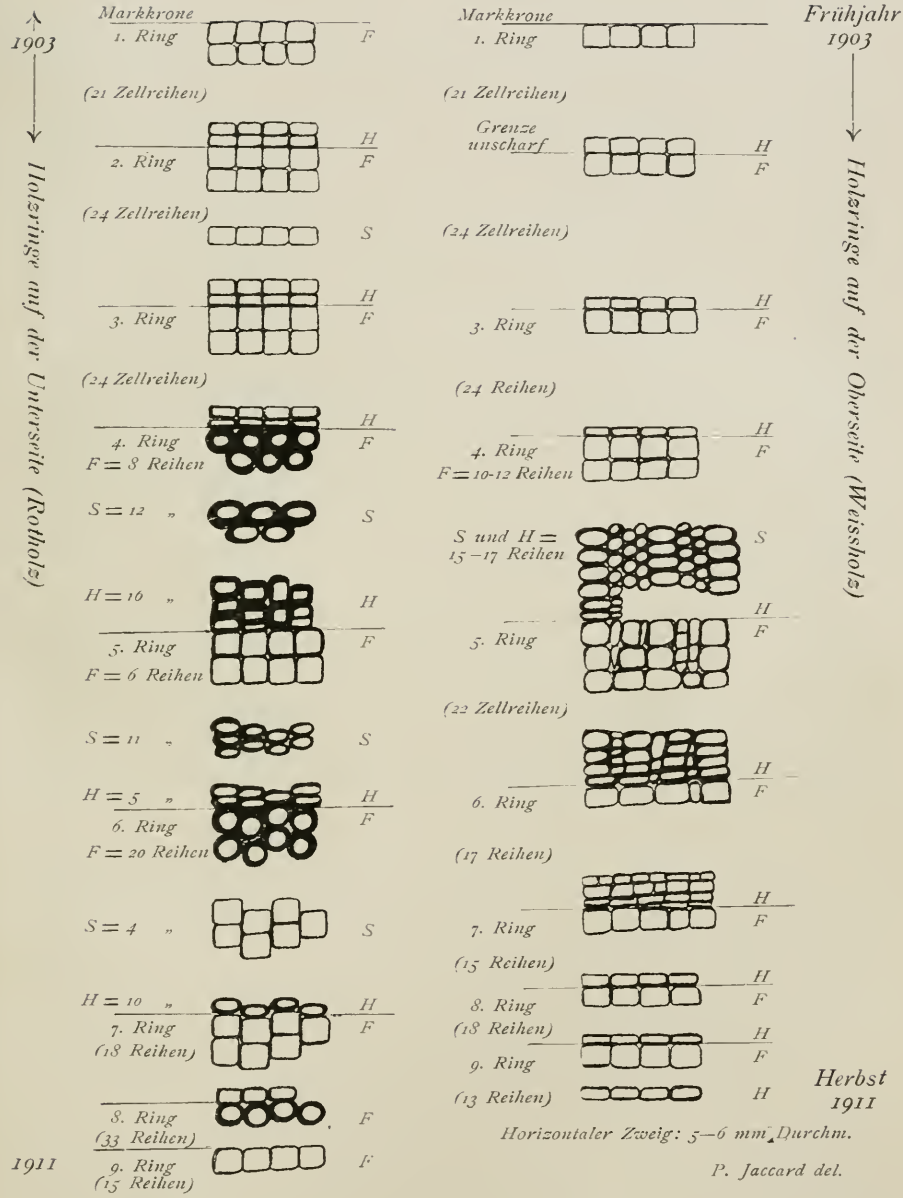


Fig. 2. Verschiedenartige Differenzierung der Tracheiden im Rot- und im Weißholze bei einem 9jährigen Zweig von *Pinus montana* Mill. var. *uncinata* Ramon. aus dem Torfmoor La Vraconnaz (Wadtländ. Jura ca. 1200 m), (Halb schematisch.)

Zweiges von *Pinus montana uncinata* aus La Vraconnaz beobachtet worden sind.

Wie aus dieser Tafel hervorgeht, besitzt der erste Ring (der älteste) auf den beiden Seiten dieselbe Struktur: die Frühtracheiden sind weitlumig, dünnwandig und regelmäßig viereckig. Am Ende der Vegetationsperiode werden sie in radialer Richtung allmählich enger und etwas verdickt. In der tangentialen Richtung behalten sie meistens ihre ursprüngliche Breite bei. Die Zahl der Zellreihen ist auf den beiden Seiten die gleiche und bleibt vom ersten bis zum dritten Jahre beinahe dieselbe. Im vierten Jahre tritt plötzlich eine merkwürdige Erscheinung auf: nämlich die Bildung von typischen Rotholztracheiden auf der unteren Seite des Zweiges und zwar schon am Anfang der Vegetationsperiode, also ohne vorherige Bildung von weitlumigen, dünnwandigen Elementen. Die auf dem Querschnitt schön kreisförmigen, stark dickwandigen Tracheiden, aus welchen das Frühholz dieses Ringes besteht, zeigen die durch HARTIG beschriebene und für die Rotholztracheiden charakteristische Spiralstreifung und eine schwache oder fehlende Verholzung der inneren Wandschicht.

Diese typischen Rotholztracheiden bilden 8 Reihen, dann ändert sich ihre ursprüngliche Gestalt; ihre kreisförmige Schnittfläche geht allmählich in eine breitere elliptische über. So werden 12 Zellreihen gebildet, aus welchen das Sommerholz **S** besteht. Diesen letzteren folgen dann noch 16 Reihen von eckigen regelmäßig gebauten Tracheiden, die das Spätholz oder Herbstholz **H** bilden.

Die obere Seite dieses vierten Jahrringes zeigte aber eine ganz andere Struktur: das Frühholz besteht aus 10—12 Reihen von normalen Frühholztracheiden, denen 15—17 Reihen von ungleich großen Tracheiden folgen; die einen sind im Querschnitt relativ breit und elliptisch, die anderen kleiner und kreisförmig[1]); sie bilden zusammen das Sommer- und das Spätholz dieses Ringes.

Der fünfte Ring beginnt auf der unteren Seite mit 6 Reihen großer eckiger dünnwandiger Frühholztracheiden; das Sommerholz besteht aus elliptischen relativ dickwandigen Elementen, welche sich gegen das Ende der Vegetationsperiode abplatten, ohne ihre Wände merklich zu verdicken. Auf der oberen Seite sind die Frühjahrstracheiden dünnwandig, weitlumig und etwas abgerundet; die des Sommer- und Spätholzes sind elliptisch und von unregelmäßiger Gestalt und Größe.

---

1) Dieselben haben mit den Markstrahlen gar nichts zu tun.

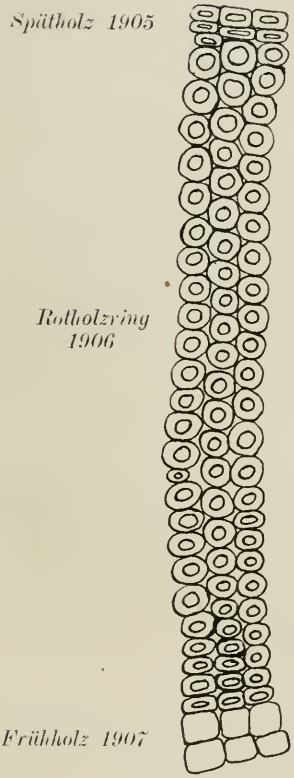


Fig. 3.

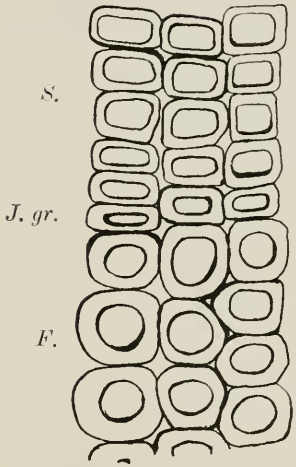


Fig. 4.

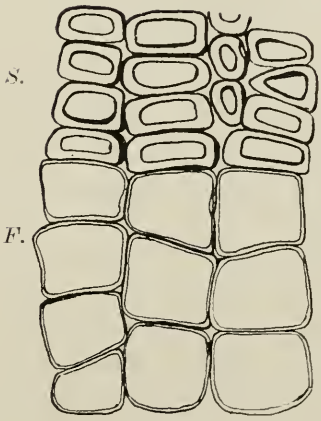


Fig. 5.

Fig. 3. Rotholzring (aus abgerundeten Tracheiden) auf der unteren Seite eines 9jährigen Zweiges desselben Baumes. (4. Jahresring.) Camera lucid. Obj. 5. — Fig. 4. Rotholztracheiden im Frühholz auf der oberen Seite eines Astes von *Pinus nigra*. J.gr. = Jahrringgrenze. S. = Spätholz. F. = Frühholz. Camer. luc. Obj. 5. — Fig. 5. Normale Struktur eines anderen Ringes desselben Astes von *Pinus nigra*. Obj. 5. Camera lucida. S. = Spätholz. F. = Frühholz.

Der sechste Ring beginnt auf der unteren Seite genau wie der vierte mit 20 Reihen stark abgerundeter, dickwandiger Tracheiden denen merkwürdigerweise vier Reihen typischer eckiger, dünnwandiger Frühholztracheiden folgen. Diese 24 Reihen bilden zusammen das Früh- und Sommerholz; das Herbstholz besteht aus elliptischen mehr oder weniger stark abgeplatteten Elementen.

Die Bildung von abgerundeten Rotholztracheiden im ersten Frühjahr läßt sich noch am Anfang des achten Ringes auf der unteren Seite beobachten. Die siebenten und neunten Ringe zeigen auf den beiden Seiten eine normale Struktur.

In Abweichung von dem normalen Bau zeigen manche Kiefernzweige desselben Standortes Jahrringe, welche aus lauter Rotholztracheiden bestehen, und zwar tritt diese Erscheinung bald auf der oberen bald auf der unteren Seite des Zweiges auf (Fig. 3). Solche Rotholzringe treten plötzlich zwischen normal gebauten Ringen auf; die Rotholztracheiden nehmen aber gewöhnlich nur einen Teil, die Hälfte oder zwei Drittel eines und desselben Ringes ein, der übrige Teil besteht aus weitlumigen Elementen.

Es gibt auch Zweige, bei denen die Rotholzringe schon im zweiten Jahre auftreten, und solche, wo 3 bis 5 Rotholzringe hintereinander auf derselben Seite angelegt werden. Eine Rotholzbildung im Frühjahr (Fig. 4—5) sowie die Bildung von Rotholzringen, die aus lauter Rotholztracheiden auf einer Seite des Astes bestehen, habe ich auch bei dem oben erwähnten und beschriebenen Aste von *Pinus nigra* beobachtet.

Das Wurzelholz von *Pinus montana uncinata* aus La Vraconnaz zeigt auch manche Eigentümlichkeiten. Je nach dem Alter und der Größe sowie je nach ihrer Tiefe im Boden zeigen die Wurzeln in ihrer anatomischen Struktur auffallende Differenzen.

Die jungen 3—5 mm dicken Wurzeln bestehen meistens aus zarten, dünnwandigen, relativ weitlumigen Tracheiden und zeigen nur ein ein- oder zweischichtiges Spätholz.

Bei den älteren Wurzeln dagegen, welche näher an der Bodenoberfläche stehen, kommt die Jahrringbildung deutlicher zum Vorschein. Das Spätholz besteht hier manchmal aus abgerundeten Tracheiden, welche auch wie die Rotholztracheiden eine schwach verholzte oder unverholzte Wandschicht aufweisen.

Erklärungsversuche.

Auf Grund der abnormen Verteilung des Rotholzes bei der Torfkiefer von La Vraconnaz und der damit verknüpften Strukturabweichungen einzelner Jahrringe bin ich zu dem Schlusse ge-

kommen, daß bei den untersuchten Objekten die Bildung und Verteilung der Rotholztracheiden weder durch die mechanische Wirkung der Schwerkraft, noch durch diejenige des Windes bedingt wird.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß in diesem Falle die Rotholzbildung nicht von den Festigkeitsverhältnissen, sondern von den Ernährungsbedingungen abhängig ist. Bekanntlich sind die Wachstumsbedingungen in den Torfmooren des Jura sehr ungünstig: die Vegetationsperiode ist sehr kurz, die Wasserversorgung ist zufolge der niederen Temperatur und des Säuregehaltes des Bodens stark erschwert, so daß der Wachstumsgang in hohem Maße von den Licht- und Temperaturverhältnissen abhängt. Ein kalter Frühling kann wohl bei unserer Kiefer bei schwacher Wasseraufnahme und gleichzeitiger Auflösung der Reserven des vorigen Sommers einen hohen osmotischen Druck in den Zellen der peripherischen Wachstumszone bedingt haben, wodurch schon im Frühjahr eine starke Abrundung und Verholzung der gebildeten Tracheiden entstehen können.

Wahrscheinlich findet die Bildung von abgerundeten dickwandigen Tracheiden an Frühholz sowie die Bildung von Rotholzringen nicht bei allen Zweigen einer und derselben Pflanze gleichzeitig statt; sonst würde die Wasserversorgung der ganzen Pflanze in zu hohem Maß beeinträchtigt.

Aus den experimentellen Untersuchungen von LAURENT und von MOLLIARD geht hervor, 1. daß im allgemeinen durch eine starke Wasserzirkulation die Verholzung und die starke Verdickung der Elemente gehemmt wird, daß dieselbe dagegen durch reichliche Zufuhr von Kohlehydraten bei mäßiger oder erschwerter Wasserversorgung befördert wird; 2. daß Länge und Breite der Elemente von der Größe des osmotischen Druckes abhängen.

Die klimatischen Verhältnisse der Torfmoore sind gerade geeignet, starke und unregelmäßige Schwankungen in der Intensität der Wasserversorgung und der Assimilation hervorzurufen und dabei die Größe des osmotischen Druckes in hohem Maße zu beeinflussen.

Schwieriger zu erklären und zu begreifen ist die Einschaltung von dünnwandigen weitlumigen Elementen in der Mitte eines Ringes zwischen abgerundeten stark verholzten Tracheiden (siehe Fig. 2, sechster Ring, untere Seite).

Eine ähnliche Erscheinung haben wir zwar bei den Doppelringen, welche zufolge einer vorübergehenden Unterbrechung des Wachstums durch Frost oder durch Raupenfraß zustande kommen.

In solchen Fällen findet aber die Unterbrechung der Cambiumtätigkeit auf dem ganzen Umfange des Ringes und die Bildung neuer wasserleitenden Tracheiden findet ebenso rings um den Zweig statt[1]).

Auch die oben erwähnte Bildung von Rotholz im Frühjahr bei *Pinus nigra* läßt sich in ihrer Ursache schwer erklären.

Inwieweit die Gestalt und die Verdickung der Frühholztracheiden bei der Kiefer durch Erschwerung der Wasserversorgung und durch Schwankungen in der Intensität der Assimilation beeinflußt werden können, kann nur auf experimentellem Wege beantwortet werden. Solche Experimente sind in meinem Garten angesetzt und werden hoffentlich bald auf diese interessante Frage etwas Licht werfen.

Inzwischen können wir die Tatsache hervorheben, daß die Rotholzbildung bei den Kiefern nicht nur mit der Richtung der Schwerkraft und des Windes verbunden ist und also nicht immer und allein eine mechanische Bedeutung besitzt, sondern, daß sie in manchen Fällen ausschließlich mit den Ernährungsverhältnissen in Zusammenhang stehen.

Zürich, Dezember 1912.

Pflanzenphysiologisches Institut der Eidg. techn. Hochschule.

1) Ein lokales, einseitiges Aussetzen des Cambiums kommt bei stark exzentrischen Ästen häufig vor, wie aus den Untersuchungen von RÜBNER hervorgeht.

RÜBNER, Über den Hunger des Cambiums. Naturw. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtsch. Jahrg. 1911.

84. H. Burgeff: Über Sexualität, Variabilität und Vererbung bei Phycomyces nitens.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Eingegangen am 21. Dezember 1912.)

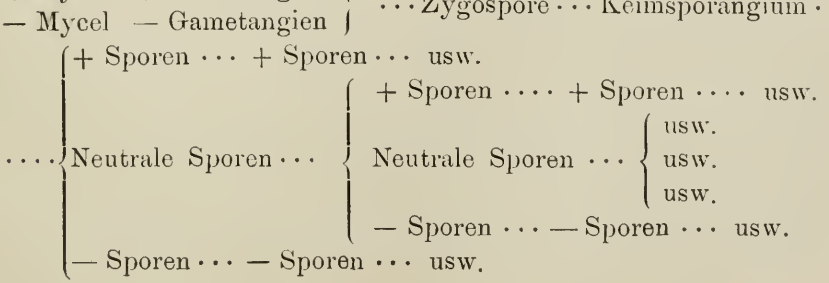
I. Sexualität. Eigenschaften des polyenergiden Mycels. BLAKESLEEs Resultate. Neutrale und sexuell aktive Mycelien. Künstliche Synthese des neutralen Mycels Die Mixochimäre.

II. Variabilität. Entstehung einer Variante in heterocaryotischer Form: Versuche zur Selektion der homokaryotischen. Var. *piloboloides*.

III. Vererbung. Kreuzung der Variante mit dem normalen *Nitens*mycel.

I.

BLAKESLEEs Untersuchungen (1904, 1906) haben bei *Phycomyces nitens* Kunze das Vorhandensein sexuell differenzierter, morphologisch aber nur schwer unterscheidbarer Mycelien ergeben. Treffen Hyphen von Mycelien entgegengesetzten Geschlechts aufeinander, so entsteht durch Fusion zweier an den Berührungsstellen entstandener, vielkerniger Gametangien eine Zygospore, die nach längerer Ruheperiode mit einem Sporangium keimt. Die in diesem Sporangium erzeugten Sporen geben zum größeren Teil sexuell differenzierte, zum kleineren sexuell undifferenzierte (neutrale) Mycelien. Die neutralen Mycelien bilden nicht zur Copulation kommende, abortive Copulationsäste (sog. Pseudophoren) und Sporangien. In den Sporangien der neutralen Mycelien entstandene Sporen liefern neben neutralen wieder eine diesmal kleinere Anzahl sexuell aktiver Mycelien (vgl. Schema).



Die aus diesen Sporen hervorgehenden sexuell aktiven Mycelien bleiben konstant, die neutralen spalten weiter auf. BLAKESLEE hält das neutrale Mycel für bisexuell, die Geschlechtstrennung soll jeweils in den Sporangien erfolgen.

In seltenen Fällen kommen die Pseudophoren des neutralen Mycels sowohl an den Berührungsstellen mit dem + und — Mycel, als auch untereinander zur Copulation. Es entstehen Zygoten am neutralen Mycel. BLAKESLEE schließt, daß einige Äste des neutralen Mycels entgegengesetzte Sexualcharaktere annehmen können.

Hier setzen eigene Untersuchungen ein. Die Natur des polyenergiden Mycels legt die Vermutung nahe, die bisexuelle Natur des neutralen Mycels könne daher rühren, daß es eine Mischung von + und — Energiden darstellt. Die Erscheinungen der Sporenbildung in den Mycelsporangien sprechen dafür, insofern die 6, 7, 8, 9, oder 10 Kerne einer Spore ganz zufällig bei dem Zerfall der das Sporangium ausfüllenden Plasmamasse in die Spore hineingelangen. Es könnten ebensowohl nur + Kerne oder nur — Kerne oder auch eine Mischung von + und — Kernen in der Spore vorhanden sein. In den ersten beiden möglichen Fällen entständen sexuell differenzierte oder homocaryotische, in dem letzten bisexuelle oder heterocaryotische Mycelien.

Der Beweis für die Richtigkeit der Annahme der Heterocaryose bei dem neutralen Mycel kann als erbracht gelten, wenn es gelingt, ein solches Mycel durch mechanische Übertragung von kernhaltigen Plasmateilen des + Mycels in Plasma des — Mycels, oder umgekehrt, herzustellen.

Reißt man einen jungen Sporangienträger, der noch keine Anlage des Sporangiumkopfes besitzt, ihn mit einer feinen Pincette an der Basis erfassend, aus dem Agarsubstrat, so bleibt er, da nur die feinen zuleitenden Hyphenäste abreißen, turgescent. Legt man ihn dann auf den mit einer dünnen Agarschicht bedeckten Boden einer Schale und schneidet mit einer scharfen Schere das untere Ende des Trägers ab, so erreicht man zuweilen, daß die Schnittwunde offen bleibt und nur ein kleines Tröpfchen Zellsaft austritt. Ein zweiter Sporangienträger von anderem Geschlecht wird jetzt (unter Beobachtung mit dem Präpariermikroskop) mit seiner Spitze in die Wunde eingeführt, bis er sie mit seinem Umfang deckt und verschließt. Sodann übt man auf seine zarte Spitze durch die Wand des äußeren Trägers hindurch einen Druck aus, bis sie platzt und der Inhalt des inneren Trägers sich in den äußeren zu ergießen beginnt. Jetzt hat man nur noch nötig, den ganzen plasmatischen Inhalt des inneren Trägers durch ein aufgelegtes Stück-

chen Deckglas in den äußeren hinüberzuquetschen. Dieser wird wieder turgescent. Überschüssiges Plasma entweicht durch die Wunde unter dem Deckglas.

Wir haben jetzt zweierlei Plasma mit zweierlei Kernen in dem einen Träger, was sich sofort durch teilweise Koagulation des Plasmas äußert. Diese Koagulation kann in günstigen Fällen in wenigen Stunden verschwinden, was beweist, das eine innige Mischung der Protoplasten eingetreten ist. Überläßt man die Sache nun sich selbst, so regeneriert die Spitze des Sporangienträgers binnen 36—48 Stunden einen oder mehrere neue Träger mit reifen Sporangien, deren Sporen abgeimpft und isoliert, teils +, teils —, teils neutrale Mycelien ergeben.

Läßt man den Plasma beider Mycelgeschlechter enthaltenden Sporangienträger, die heterocaryotische Mixochimäre, unter einer dünnen Agarschicht regenerieren, so erhält man direkt ein neutrales Mycel mit normaler Pseudophorenbildung.

Beispiel.

Plasma aus Sporangienträger Cl + in Träger von St —[1])

13. II. 1912 Synthese ausgeführt.
13. II. abends Koagulation verschwunden, Träger hyalin.
14. II. regeneriertes Sporangium abgeimpft; Sporen in sterilem Wasser auf Bierwürzagar ausgesäet.
15. II. 35 junge Mycelindividuen isoliert.
19. II. 17 Mycelien mit Pseudophoren, 18 ohne solche.
24. II. Prüfung der 35 Mycelien mit Cl + und St —:

I. Generation:
a) 18 —.
b) 1 neutral & — (viele Zygoten mit +).
c) 4 neutral & — (einzelne Zygoten mit +).
d) 1 neutral & + (viele Zygoten mit —).
e) 3 neutral & + (einzelne Zygoten mit —).
f) 8 neutral.

Von jeder Gruppe (a, b, c, d, e, f) ein Sporangium einer Kultur ausgesäet.

25. II. Je 18 Sporenindividuen isoliert.
4. III. Prüfung der 6×18 Mycelien mit Cl + und St —:

1) + Kultur von Herrn Prof. Dr. Claussen.
— Kultur von Herrn Prof. Dr. Stahl.

II. Generation:

a) 18 —.
b) 17 [1]).
c) 12 —.
   4 neutral.
   1 neutral & +.
d) 1 neutral.
   10 neutral & +.
   3 +.
e) 6 neutral.
   7 neutral & +.
   3 +.
f) 18 —.

Der Grund dafür, daß hier, im Regenerationssporangium, im Gegensatz zu dem Keimsporangium der Zygote, alle möglichen Zwischenformen zwischen neutralen und sexuell differenzierten Mycelien auftreten, liegt hauptsächlich in einem wesentlichen cytologischen Unterschied bei der Sporenbildung in beiden, auf den hier noch nicht eingegangen werden soll.

II.

Bei der Auslese im Wuchs abweichender Keimmycelien aus der Sporenaussaat einer mir von Herrn Professor Dr. CLAUSSEN, Berlin, überlassenen + Kultur von *Phycomyces*, entstand aus einem Sporenindividuum ein Mycel, das zunächst nur stark abweichende Sporangienträger trug. In älteren Kulturen dieses Mycels traten einzelne normale *Niten*sträger auf. Die am meisten auffallende Eigenschaft der variierenden Träger ist die, daß sie sich nach erfolgter Ausbildung der Sporen im Sporangium — angezeigt durch die beginnende Verfärbung des Kopfes — nicht in die Länge strecken, sondern im oberen Teile des Trägers unter dem Sporangium verdicken, bis eine längliche Anschwellung entsteht, auf der das Sporangium mit einem kurzen sehr dünnen Stielchen aufsitzt. Diese Eigenschaft gab der Variante den Namen *Piloboloides*. Nach Ausreifung des Sporangiums treten unter diesem am oberen Teil des Kropfes 1—4 sekundäre, kleinere Träger hervor, die nach Ausbildung ihrer Köpfchen wieder einen bis mehrere tertiäre Träger erzeugen können, so daß der ursprünglich einfache Träger cymös mehrmals verzweigt wird. Jedes Seitensporangium trägt unter seiner Basis

1) Einzelne der auspikierten Mycelindividuen sind nicht gewachsen; daher stammt der Ausfall in der Zahl der einzelnen Gruppen.

einen *Piloboloides*kropf, der bei Zweigen höherer Ordnung meist unregelmäßiger und schmäler wird wie am Hauptsporangium. Auch physiologisch unterscheidet sich *Piloboloides* von *Nitens*, indem seine Sporangien im Dunkeln vollständig etiolieren und erst in spätem Stadium sehr kleine Köpfchen tragen, was als Convergenzerscheinung nach *Pilobolus* gedeutet werden könnte.

Die aus der ersten Spore erhaltene Kultur erzeugte am Schluß der Vegetation einige lange echte *Nitens*-Träger. Sporen einzelner Sporangien wurden abgeimpft und ausgesäet, die jungen Mycelien am nächsten Tage einzeln in Röhren mit schief erstarrtem Bierwürzagar pikiert.

17 Sporen eines *Piloboloides*sporangiums ergaben:
2 *Nitens*,
6 *Piloboloides* + *Nitens*,
9 *Piloboloides*.

17 Sporen eines *Nitens*sporangiums lieferten:
6 *Nitens*,
6 *Piloboloides* + *Nitens*,
5 *Piloboloides*.

Bereits aus diesem Ergebnis folgt, daß man es auch hier bei der ursprünglichen Variante mit einer heterocaryotischen Form zu tun hat. Bei weiteren Generationen absoluter Reinkulturen bleiben die *Nitens* konstant; *Nitens* + *Piloboloides* spaltet weiter auf, aber auch *Piloboloides* erzeugt unter größeren Sporenmengen immer noch einige *Nitens*sporen. So ergab die dritte Generation mit 32 Sporen nur *Piloboloides*mycelien und war scheinbar rein. Bei der fünften Generation fanden sich auf einer Sporenaussaatplatte unter ca. 6500 Mycelien nur *Piloboloides*träger, von denen 25 Stück etwas verlängerte Kröpfe hatten. Diese wurden abgeimpft und zusammen ausgesäet. Es entstanden auf dieser Sporenaussaat unter ca. 1400 *Piloboloides*trägern 29 echte *Nitens*träger, woraus hervorging, daß die scheinbar konstante Variante neben einer überwiegenden Zahl von *Piloboloides*kernen immer noch einzelne *Nitens*kerne enthielt. Auch die folgenden Generationen 7—20 zeigen hierin keine Änderung. Trotz scheinbarer Konstanz der Form ist eine auf *Nitens* abzielende Selektion immer erfolgreich.

Es gibt noch ein einfaches Mittel, die Heterocaryose der Variante festzustellen. Läßt man eine solche scheinbar reine Kultur stark eintrocknen und impft man dann von dem Mycel selbst ab, so ist auf einen Schlag der Prozentsatz der *nitens*ähnlichen und *Nitens*mycelien bedeutend vermehrt. Man hat durch das Ein-

trocknenlassen der Kultur also eine scharfe Reaktion auf die Konstanz einer Variante. Bleibt sie dabei unverändert, so kann auf die Homocaryose geschlossen werden.

Die Erklärung liegt wahrscheinlich in der Tatsache, daß *Piloboloides* um ein geringes langsamer wächst als *Nitens*. Infolgedessen dürften sich auch die *Nitens*kerne der natürlichen Mixochimäre *Piloboloides* rascher vermehren als die *Piloboloides*kerne, wobei die Vermehrung der *Nitens*kerne das Herausspalten von *Nitens*mycelien ermöglicht oder doch die absolute Selection des *Piloboloides* verhindert. Fördernd auf die regelmäßige Verteilung des Kerngemisches auf die Sporen dürfte die im Mycel vorhandene starke Zirkulation des Plasmas einwirken.

Quetscht man Plasma eines reinen *Nitens*trägers in einen hochselektionierten *Piloboloides*träger, so erhält man aus der regenerierenden Mixochimäre eine unreine *Piloboloides*form mit *Piloboloides*- und *Nitens*sporangien, die sich ebenso verhalten wie die der unreinen Ausgangskultur.

Die Spaltung der Formen kann auch am Mycel selbst erfolgen. In seltenen Fällen werden gegabelte Sporangienträger beobachtet, deren eines Sporangium reine *Piloboloides*form, deren anderes *Nitens*form besitzt, deren Sporen die dominierende Form in größerer Anzahl erzeugen. Dies entspricht der schon von BLAKESLEE beobachteten Zygotenbildung am neutralen Mycel, an dem Myceläste mit + und solche mit — Kernen entstehen können.

Quetscht man Plasma eines *Nitens* — Sporangienträgers in einen hochselektionierten *Piloboloides* + Sporangienträger, so erhält man aus dem Regenerationssporangium neben einer sehr großen Zahl von neutralen *Nitens* + *Piloboloides* Mycelien einzelne *Nitens* und *Piloboloides* in sexuell rein differenzierten Mycelien.

Sind alle Mycelien neutral, so kann die Trennung in der zweiten Generation durch Selektion mit + oder — noch eben wenige Zygoten bildender, halbneutraler Mycelien erreicht werden. Dabei tritt *Piloboloides* immer in der ursprünglichen + Form auf.

III.

Die Kreuzung von *Nitens* — mit hochselektioniertem *Piloboloides* + geht bei Beachtung einiger Vorsichtsmaßregeln ohne Schwierigkeit vonstatten. Die erhaltenen Zygoten keimen nach einer halbjährigen Ruheperiode mit großer Regelmäßigkeit und liefern zu einem gewissen Prozentsatz *Piloboloides*-Keimsporangien. Die überwiegende Zahl keimt mit reinen *Nitens*sporangien. Die

Form des Keimsporangiums läßt aber keinen Schluß auf die Art der in ihm enthaltenen Sporen zu.

Die Keimsporangien der einzelnen Zygoten sind ihrem Inhalt nach sehr verschieden. Sie können alle einer Art sein, so *Nitens* +, *Nitens* —, *Piloboloides* +, *Piloboloides* —. Es können nebeneinander auftreten: *Nitens* +, *Piloboloides* —; *Nitens* —, *Piloboloides* +; *Nitens* +, *Piloboloides* +; *Nitens* —, *Piloboloides* —; außerdem zahlreiche Kombinationen von sexuell differenzierten und neutralen, nicht ohne weiteres aufspaltbaren Mycelien und nur neutrale Mycelien der einen oder anderen Form.

Von besonderer Bedeutung ist das Auftreten der — Form von *Piloboloides*, die beweist, daß in der Zygote ein Austausch der Charaktere stattgefunden hat. Die *Nitens* + Form ist zu diesem Beweis nicht tauglich, weil der zur Kreuzung verwandte *Piloboloides* noch *Nitens* + Kerne enthielt.

In allen Fällen, wo die Keimsporen einer Zygote nur eine Form darstellen, und dort, wo die zwei verschiedenen Formen im entgegengesetzten Geschlecht auftreten, sind Stammform und Variante konstant. Wo Stammform und Variante im gleichen Geschlecht erscheinen, sind sie zu heterocaryotischen Mycelien vereinigt und inkonstant.

Die Konstanz der Formen nach dem Durchgang durch die Zygote beruht auf abweichenden Vorgängen der Sporenbildung im Keimsporangium. Die Sporen, aus denen nicht neutrale Mycelien werden, enthalten ursprünglich nur einen Kern. Die Selektion der homocaryotischen und damit konstanten Form findet hierbei statt. Für die Verkoppelung von Variante und Stammform bei homosexuellen aus einer Zygote entstehenden Sporen ist eine cytologische Begründung noch nicht möglich.

Mit dem Auftreten von homocaryotischen Mycelien beider Geschlechter des *Piloboloides* ist die Möglichkeit gegeben, reine Formen miteinander zu kreuzen und genauere Aufklärungen über die Art der Vererbung zu erhalten, die vielleicht ein Licht auf die immer noch unbekannten cytologischen Vorgänge in der Zygote werfen werden.

München, Dezember 1912.

85. A. d'Angremond: Parthenocarpie und Samenbildung bei Bananen.

(Mit Tafel XX.)

(Eingegangen am 21. Dezember 1912.)

Während meines Aufenthaltes als Pflanzer in Holländisch-Guyana (1905—1911) stellte ich, nachdem ich von Dr. E. GILTAY, Wageningen, auf das Problem der Parthenocarpie aufmerksam gemacht worden war, Versuche über Frucht- und Samenbildung bei der Eßbanane, *Musa paradisiaca* L. subsp. *sapientum*, an.

Als Objekte dienten mir:

1. Die „Gros-Michel" oder „Jamaïca-Banane, welche in Amerika für den Export von Bananen fast allein in Betracht kommt.

2. Die sog. „Appelbacove" (Apfelbanane). Sie wird in Guyana hauptsächlich als Schattenpflanze für junge Kakao- und Kaffeekulturen angebaut. Die Früchte werden auf dem lokalen Markte verkauft.

3. Die *Musa Cavendishii* Lamb.

Bei diesen drei Kulturformen stellte ich fest, daß die Fruchtbildung völlig unabhängig von Bestäubung ist, daß hier also reine Parthenocarpie — wie NOLL[1]) sie zuerst für die Gurke festgestellt hat — vorliegt.

Zur Feststellung obiger Tatsache wurden ganze Blütenstände, bevor sich an denselben ein einziges Deckblatt geöffnet hatte, in Säcke aus dichtem Kattun eingeschlossen, denen drei Bambusreifen die gewünschte zylindrische Form gaben.

Um die Achse des Blütenstandes herum wurde ein breiter Wattestreifen gewunden und hierum das obere freie Ende des Sackes zusammengefaltet und zugebunden.

Die untere Öffnung wurde durch einen dicken Wattepfropf abgeschlossen, den ich — wenn nötig — herausnehmen konnte.

Innerhalb dieser Säcke konnten sich die Blütenstände entwickeln, ohne daß Zutritt von Pollen von außen her möglich war.

1) NOLL, F., Fruchtbildung ohne vorausgegangene Bestäubung (Parthenocarpie) bei der Gurke. Sitzungsberichte der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Bonn. 1902. S. 149.

In den Achseln der ersten 6—9, oft von noch mehr Bracteen stehen nur weibliche Blüten (d. h. sie besitzen neben Fruchtknoten, Griffel und Narbe nur Staminodien). Jeden Tag untersuchte ich, durch Abbiegen der zwei nächstfolgenden noch geschlossenen Deckblätter, ob in deren Achseln sich bereits männliche Blüten vorfinden. War dies der Fall, so wurden diese und alle folgenden Blüten vernichtet.

So wurde also auch innerhalb der einzelnen Blütenstände Pollenübertragung vollständig ausgeschlossen.

In dieser Weise umhüllte ich 20 Blütenstände der drei genannten Kulturformen mit 2914 Blüten, von denen sich trotzdem jeder Fruchtknoten zu einer völlig normalen Frucht entwickelte.

In zwei anderen auch eingehüllten Blütenständen wurden vor dem Aufblühen Perianth, Staminodien, sowie Narbe und Griffel abgeschnitten. Die verbliebenen Fruchtknoten entwickelten sich ebenfalls ganz normal.

Zum Vergleiche untersuchte ich in derselben Weise die Blütenstände von samenproduzierenden Musaceen und zwar von:

1. *Musa basjoo* Sieb. et Zucc. und

2. *Musa ornata chittagong*, einer im botanischen Garten von Paramaribo kultivierten Species.

Bei diesen beiden Musaceen hat sich Bestäubung als unbedingt notwendig gezeigt. Die Fruchtknoten von nicht bestäubten Blüten entwickeln sich nicht weiter.

Weitere Untersuchungen beschäftigten sich mit der Frage: „Weshalb werden in den Früchten von „Gros-Michel“ und „Appelbacove“ keine Samen ausgebildet?“

Zur Beantwortung dieser Frage war die Untersuchung von Pollen- und Samenanlagenentwicklung notwendig.

Bei der Pollenuntersuchung ergaben sich sofort bedeutende Größenunterschiede zwischen den einzelnen Pollenkörnern. Die Kultur im hängenden Tropfen einer Zuckergelatinelösung ergab, daß nur ein sehr geringer Prozentsatz dieser Körner zu keimen imstande ist. Diese erzeugen aber sehr schnell wachsende Pollenschläuche, von denen man die Spitzen bei 400facher Vergrößerung sehr deutlich im Gesichtsfelde des Mikroskopes fortrücken sah.

Die Untersuchung der Samenknospen ergab, daß bei „Gros-Michel“ fast nie, bei der „Appelbacove“ nur selten ein Embryosack ausgebildet wird, trotzdem Nucellus und Integumente ganz normal aussehen.

Bei der Seltenheit tauglichen Pollens und ausgebildeter Embryosäcke sind die Bedingungen zur Samenbildung außerordentlich ungünstig. Dazu kommt noch, daß in Guyana die Bienen ihre Bestäubungsarbeit nur ganz unvollkommen ausüben. Dies konnte ich an nicht eingebundenen Blütenständen von *Musa basjoo* und *Musa ornata chittagong* beobachten. Obwohl diese Pflanzen sich eines sehr lebhaften Insektenbesuches erfreuten, war die Samenbildung verhältnismäßig gering. (Künstlich bestäubte Blüten entwickelten dagegen vielen Samen.) Dies hängt wohl damit zusammen, daß die Bienen, um zum Nektar zu gelangen, das Perianth an der Basis durchbeißen und daher wenig mit der Narbe in Berührung kommen. So ist mir denn auch in der Natur Samenbildung bei „Gros-Michel" und „Appelbacove" unbekannt. TISCHLER[1]) gibt an, daß auch bei Eßbananen sich gelegentlich harte schwarze Samen finden, doch glaube ich nicht, daß dies auch bei den in Amerika angebauten Formen „Gros-Michel" und „Appelbacove" zutrifft. Öfters habe ich die Eingeborenen und die javanischen und englisch-indischen Arbeiter auf der Plantage nach dem gelegentlichen Vorkommen von Samen gefragt, aber immer erhielt ich — obwohl sie recht tüchtige Bananenesser sind — eine verneinende Antwort.

Um festzustellen, ob den beiden Formen „Gros-Michel" und „Appelbacove" das Vermögen der Samenbildung überhaupt abgeht, habe ich künstliche Bestäubungen ausgeführt. Der Untauglichkeit des eigenen Pollens wegen, wählte ich dazu den normalen Pollen von *Musa basjoo* und *Musa ornata chittagong*.

Zuvor stellte ich in Objektträgerkulturen fest, daß die Pollenschläuche dieser beiden Arten von einem, in den Flüssigkeitstropfen gelegten Stückchen einer „Gros-Michel"- oder „Appelbacove"-Blüte stark angezogen werden.

Ich bestäubte 1539 „Gros-Michel"-Blüten mit Pollen von *Musa ornata chittagong* und erhielt 4 Samen, die in Größe und Gewicht denjenigen von *Musa ornata chittagong* ganz ähnlich waren.

Von der „Appelbacove" bestäubte ich 1156 Blüten mit Pollen von *Musa ornata chittagong* und *Musa basjoo* und erhielt 38 Samen.

Auch den umgekehrten Versuch machte ich und bestäubte Blüten von *Musa ornata chittagong* mit Pollen von „Gros-Michel" und „Appelbacove". Da habe ich nie Samen erhalten.

1) TISCHLER, G., Untersuchungen über die Entwicklung des Bananenpollens I. Archiv für Zellforschung, Bd. 5, 1910, 4. Heft, S. 622.

Experimentell konnte ich also feststellen, daß:

1. Bei den genannten samenlosen Kultur-Bananen reine Parthenocarpie vorliegt,

2. Bei *Musa basjoo* Sieb. et Zucc. und *Musa ornata chittagong* dagegen Bestäubung für die Fruchtbildung unbedingt notwendig ist,

3. Die Pollenkörner von „Gros-Michel" und „Appelbacove" zum größten Teile nicht keimungsfähig sind,

4. In den Samenanlagen von „Gros-Michel" nur sehr selten ein entwickelter Embryosack vorkommt, während dies bei der „Appelbacove" ziemlich häufig der Fall ist,

5. Bei Bestäubung mit Pollen von *Musa basjoo* und *Musa ornata chittagong* auch „Gros-Michel" und „Appelbacove" Samen ausbilden können.

Diese Untersuchungen wurden im Juni 1911 abgeschlossen. Herr Dr. J. KUYPER in Paramaribo war so freundlich, die erhaltenen Samen nach meiner Abreise im botanischen Garten auszusäen. Leider hat keiner derselben gekeimt[1]). Hieraus zu schließen, daß die Samen taub waren, wäre voreilig. Die Samen, welche ich durch Bestäubung der „Appelbacove" mit Pollen von *Musa basjoo* erhielt, waren beinahe doppelt so groß wie diejenigen, die nach Bestäubung mit Pollen von *Musa ornata chittagong* gebildet wurden. Nun sind die Samen von *Musa basjoo* sehr viel größer als die von *Musa ornata chittagong*, und es zeigt also dieses Ergebnis, daß die verschiedene Bestäubung jedenfalls von Einfluß auf die Entwicklung der Samen gewesen ist.

Seit Beginn des Wintersemesters 1911/12 bin ich im Botanischen Institut der Universität Zürich, unter der Leitung von Herrn Professor Dr. A. ERNST mit der cytologischen Untersuchung der genannten sterilen und fertilen Bananen beschäftigt.

Von den bisherigen Resultaten seien hier nur die für „Gros-Michel" und „Appelbacove" kurz aufgezählt.

Im Verlauf der Pollenentwicklung fand ich dieselben unregelmäßigen Kernteilungsfiguren und „Tetraden" von 5, 6 und mehr Enkelzellen, die G. TISCHLER für andere *Musa*-Rassen beschrieben

1) Während des Druckes dieser Mitteilung erhalte ich durch Herrn Prof. ERNST Einsicht in die eben als Separatabdruck aus Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. 52, ausgegebene Arbeit von Prof. TISCHLER: „Über die Entwicklung der Samenanlagen in parthenokarpen Angiospermen-Früchten". Auf S. 49 derselben wird eine Mitteilung von Prof. WENT erwähnt, nach welcher Samen einer auf Java gezogenen Eßbanane gekeimt haben.

hat. Ganz ähnliche Verhältnisse liegen, was bis jetzt nicht bekannt gewesen ist, auch für die Teilung der Embryosackmutterzelle vor.

Im medianen Längsschnitt durch eine junge Samenanlage von „Appelbacove" beobachtet man unter der Mikropyle eine sich durch ihre Größe von den anderen Zellen abhebende, langgestreckte Zelle, die Embryosackmutterzelle. Sie ist gleichmäßig von Cytoplasma erfüllt, in welchem der Kern der Mikropyle immer etwas genähert liegt. Neben einem deutlich hervortretenden Nucleolus findet man auf diesem Stadium die chromatische Substanz in verhältnismäßig geringer Menge vor (Fig. 2 Taf. XX).

Die erste Teilung der Embryosackmutterzelle verläuft bei der „Appelbacove" bald normal, bald anormal. Ein Stadium aus dem Verlauf der normalen Teilung ist in Fig. 3 Taf. XX dargestellt. Man sieht dort die Chromosomen in der Äquatorialplatte angeordnet, unmittelbar vor dem Auseinanderweichen. Die Teilung verläuft auch weiter ganz typisch und in Fig. 4 Taf. XX sieht man, wie zwischen den Tochterkernen eine breite Zellplatte ausgebildet wird.

Auch die nachfolgende homöotypische Teilung kann normal verlaufen, so daß vier Enkelzellen gebildet werden, von denen sich die am Chalazaende liegende durch ihre Größe von den drei übrigen unterscheidet. Diese werden in der Folge verdrängt, und erstere entwickelt sich zur Embryosackzelle.

Unregelmäßigkeiten im Verlauf der Tetradenteilung können sowohl während der heterotypischen als auch während der homöotypischen Teilung eintreten.

Diese Verhältnisse sind in Fig. 5—10 Taf. XX dargestellt.

Figur 5 zeigt eine Embryosackmutterzelle im Längsschnitt. Die Chromosomen sind unregelmäßig in der Spindelfigur verteilt. Es erfolgt also das Auseinanderweichen derselben aus der Äquatorialplatte ungleichzeitig oder ungleich schnell. Figur 6 gibt den anormalen Verlauf einer homöotypischen Teilung wieder. In der größeren der beiden Tochterzellen sind vier Chromosomen bereits an einem Pol gelagert, während sich die größere Anzahl noch in der Mitte der Spindelfigur befindet. Als Ergebnis dieses anormalen Teilungsverlaufes erhalten wir die in Fig. 7—10 Taf. XX dargestellten unregelmäßigen Tetraden. Figur 7 zeigt einen Komplex von fünf Enkelzellen, von denen sich die am Chalazaende gelegene durch ihre Größe von den übrigen unterscheidet. Figur 8 weist bei sonst gleichen Verhältnissen sechs Enkelzellen auf. Von den in Fig. 7 und Fig. 8 dargestellten Abnormitäten unter-

scheiden sich die in Fig. 9 und Fig. 10 dargestellten dadurch, daß zwar nur vier Enkelzellen vorhanden sind, von denen aber eine (Fig. 9) oder zwei (Fig. 10) dadurch auffallen, daß sie neben einem größeren Kern noch ein oder zwei kleinere Kerne aufweisen.

Da die Mehrzahl der älteren Samenanlagen degenerierte Embryosäcke enthält, ist es sehr wahrscheinlich, daß die anormal sich teilenden Embryosackmutter- und Tochterzellen keine weitere Entwicklung erfahren, sondern zugrunde gehen.

Eine ausführliche Publikation über meine Untersuchungen ist in Vorbereitung.

Zürich im Dezember 1912.

Erklärung der Tafel XX.

Fig. 1. Längsschnitt durch eine Samenanlage mit Embryosackmutterzelle (schematisch). Vergr. 90 : 1.
Fig. 2. Embryosackmutterzelle. Kern in ruhendem Zustand. Vergr. 760 : 1.
Fig. 3. Normale heterotypische Teilung des Embryosackmutterzellkernes. Vergr. 760 : 1.
Fig. 4. Tochterkerne, Tonnenfigur mit Zellplatte. Vergr. 760 : 1.
Fig. 5. Anormale heterotypische Teilung (Einige Chromosomen der Teilungsfigur sind in benachbarten Schnitten enthalten.) Vergr. 760 : 1.
Fig. 6. Anormale homöotypische Teilung. (Angeschnittene Spindelfigur.) Vergr. 760 : 1.
Fig. 7. Ausbildung von 5 Enkelzellen. Vergr. 760 : 1.
Fig. 8. Ausbildung von 6 Enkelzellen. Vergr. 760 : 1.
Fig. 9 und 10. Vierzellige Tetraden mit zwei- oder mehrkernigen Zellen. Vergr. 760 : 1.

86. K. Amberg: Zur Blütenbiologie von Arctostaphylos alpina (L.) Sprengel.

(Mit 2 Abbildungen im Text.)

(Eingegangen am 24. Dezember 1912.)

Die Alpenbärentraube ist ein stark verbreiteter Bestandteil des Zwergstrauchgürtels unserer alpinen Höhenstufe. Ihre Blüteneinrichtung ist aber bisher nur im hohen Norden von WARMING[1]) eingehend beobachtet und beschrieben worden. Um die Blütenbiologie dieser Pflanze im alpinen Gebiet kennen zu lernen, wurde die vorliegende Untersuchung unter der freundlichen Leitung des Herrn Prof. Dr. C. SCHRÖTER in Zürich an reichem Material aus dem Skarltal (Graubünden)[2]) und vom Pilatus ausgeführt. Am Pilatus begann die Alpenbärentraube im Frühjahr 1912 am Südabhang auf Schattenkalkschutt der Mattalp, bei 1600 m ü. M., in den ersten Tagen des Mai zu blühen. Mit der Schneeschmelze stieg dann der „Blühet" — so wird bei uns in der Schweiz die Anthese genannt — langsam aufwärts, bis er um den 20. Mai den höchstgelegenen Bestand an einer *Sesleria*halde, wenige Meter südwestlich vom Chriesiloch am Oberhaupt (2090 m), erreichte, um dann bis zum 10. Juni auf den Nordhang des Klimsenhorns hinabzusteigen (1850 m) und erst Ende Juni auszuklingen an schattenreichen Wildheuplanken des Hängefeldes und auf dem schuttigen Ufer des Wildbaches südwestlich vom Heustafel „Treiche" bei 1420 m.

Die vom niederliegenden Stämmchen oder Sproß aufstrebenden jüngern Triebe tragen im Frühjahr noch die welken Laubblätter vom letzten Sommer. Auch bei fortschreitender Verwitterung lösen sich diese alten Blätter nicht von den Trieben ab, sondern bis weit herab tragen die Sprosse noch die schwarzbraun verwitterten Reste derselben, aus denen als resistentester Teil der kräftige Mittelnerv grannenartig hervorragt. Diese abkrümelnden, lanzettlichen Blätter sind bis 1,5 cm breit und bis 5 cm lang.

1) EUG. WARMING, The Structure and Biology of Arctic Flowering Plants. I. 1912. 1. Ericineae.

2) Das ich der Freundlichkeit des Herrn Forstverwalters SCHWYTER in Scbuls verdanke.

Gleich nach der Schneeschmelze beginnen die braunroten, zapfenartigen Knospen an den Enden der Triebe sich etwas zu strecken und bald brechen aus ihnen die zarten, grüngelblichweißen Blüten und kurz darauf die ersten krausbewimperten, grünen Blättchen ans Licht (Abb. II, 2).

Die generativen und vegetativen Triebe überwintern im Schutze der dicht geschlossenen[1]) Knospen (Abb. I, 9, 11), die am Ende der Triebe schon im Spätsommer des Vorjahres kräftig entwickelt sind und sich im Herbst mit dem Laubwerk intensiv rubinrot färben. Am 14. September 1912 (Pilatus) fanden sich in 5—7 mm langen, generativen Knospen schon alle Teile des nächstjährigen blühenden Triebes gut ausgebildet. Bei prächtigem Wintermaterial, das Herr Forstverwalter SCHWYTER am 2. Dezember 1912 im Skarltal bei 1600 m aus dem Schnee grub und mir freundlichst übersandte, waren die generativen und vegetativen Winterknospen am Ende der Triebe bis 10 mm lang, doch alle noch verschlossen. Beim Zerlegen einer generativen Knospe lassen sich zuerst 3—4 äußere, sterile Schuppen ablösen, dann folgen 2—3 Schuppen mit je einem kleinen vegetativen Knöspchen in der Achsel und schließlich 3—5 zarte, nach innen kleiner werdende, stark bewimperte Schuppen mit je einer Blütenknospe (Abb. I, 14a—k). In letzteren lassen sich unter dem Mikroskop alle Blütenteile erkennen. Nur in dem allerkleinsten Knöspchen waren hin und wieder die typischen Antherenanhängsel noch nicht ausgebildet (Abb. I, 7a und b). In den Knospenschuppen löst sich, ähnlich wie bei den Laubblättern[2]), die untere, ganz kleinzellige Epidermis mit der darunterliegenden, verdickten, anthocyanführenden Zellschicht los, wodurch lange, lufterfüllte Hohlräume entstehen (Kälteschutz!) (Abb. I. 13 und 16).

An rein vegetativen Trieben gehen die Knospenschuppen durch kleine Laubblätter in die normalen Laubblätter über — sie entsprechen also umgewandelten Laubblättern —, während von den alten Laubblättern zu den Knospenschuppen keine Übergänge vorhanden sind (Abb. I, 2). Die letztjährigen Laubblätter tragen in ihren Achseln überall Knospen, von denen die 2—3 obersten am Triebe, die stets auch die kräftigsten sind, sich zugleich mit dem Endtrieb entwickeln. Die unteren Blattachselknospen hingegen

---

1) WARMING's Fig. B, l. c., S. 34, stellt nach freundlicher schriftlicher Mitteilung des Autors wohl eine verspätete, diesjährige Blüte und nicht das Winterstadium eines Blütenstandes dar.

2) Vgl. WARMING, l. c., S. 116.

Abb. I *Arctostaphylos alpina.*

1. (10 : 1) Reife Blüte, längs aufgeschnitten, Honigring am Grunde des Fruchtknotens. An und zwischen den Haaren der Corolla sitzen Pollentetraden. 2. ($^2/_3$: 1) Vegetativer Frühjahrstrieb, am Grunde letztjährige, verwelkte Blätter. 3. (3,3 : 1) Junge Blüten in ihrer natürlichen Lage. 4. (ca. 200 : 1) Pollentetrade.

5. (1,3 : 1) Reife Frucht von unten. Um das Stielloch die Reste der Honigringwülste 6. (6 : 1) Kronmund von oben. In der Tiefe ist die Narbe sichtbar. 7. (40 : 1) Anthere von der Seite (a) und von außen (b), aus einer ganz kleinen Winterknospe Anhängsel noch nicht entwickelt. (Pilatus, 14. September 1912.) 8. (40 : 1) Anthere aus einer größern Winterknospe; extrors gestellt, Anhängsel nach unten (Skarltal, 2. Dezember 1912.) 9. (4 : 1) Generative Knospe im Winterstadium (2. Dezember). 10. (4 : 1) Knospenschuppe mit Blütenknöspchen (Pilatus, 14. September 1912). 11. (4 : 1) Vegetative Winterknospe. 12. (5 : 1) Blüte nach der Anthese mit 2 Vorblättchen; Stiel fast ganz gestreckt. 13. Querschnitt, schematisiert, durch eine Knospenschuppe. Lufträume sehr lang. 14. a—k (2 : 1) Die Schuppen einer generativen Winterknospe (2. Dezember 1912). 15. Schema eines blühenden Triebes. 16. Querschnitt durch eine Knospenschuppe (stark vergrößert). 17. Blütendiagramm. (Zeichnungen n. d. Natur v. K. AMBERG.)

ruhen noch als „schlafende Augen". Die spätern Triebe dieser Reserveknospen zeichnen sich gegenüber den höher stehenden Trieben am gleichen Sproß stets durch eine gewisse Kleinheit und Schwächlichkeit aus. Bei niederliegenden Trieben entwickeln sich hauptsächlich die räumlich auf der Oberseite liegenden Knospen zu aufstrebenden Seitentrieben. Die Verzweigung ist hier in der Regel also ausgesprochen einseitig. Die aufstrebenden, blühenden Triebe weisen bald sympodiale, bald pseudodichotome Sprossung auf, je nachdem nur eine oder mehrere Knospen unterhalb der terminalen Infloreszenz austreiben (vgl. auch WARMING, l. c. S. 35).

Die Achse der blühenden Triebe läuft in eine endständige, traubige, 2—5blütige Infloreszenz aus. Die Blüten stehen in der Achsel von Niederblättern (Schuppen) und sind in der Mehrzahl vorblattlos, zum Teil aber von 1 oder 2 kleinen, bleichen und dem Stiel eng angedrückten Vorblättern begleitet (Abb. I, 12). Auch bei trockenem Material aus Tromsö konnten, sehr vereinzelt, Vorblättchen festgestellt werden. Die endständige Blüte der Traube hat als Begleiter zwei Niederblätter. An der Hauptachse tragen die blühenden Triebe überhaupt nur Niederblätter, die als Knospenschuppen mit brauner Winterspitze und rötlicher oder bleicher Zuwachszone während der Frostperiode für Blüte und Blatt ihre schützende Rolle spielen. Die 3—4 untersten Knospenschuppen am blühenden Triebe sind steril oder in ihrer Achsel liegt hin und wieder ein schlafendes Auge. Aus der Achsel der zwei bis drei höher stehenden Schuppen brechen sehr kräftige, vegetative Seitentriebe hervor mit zwei schmalen, häutigen, bleichen Vorblättchen am Grunde (Abb. I, 14a—b und 15).

Die einzelne Blüte der traubigen Infloreszenz wird durch

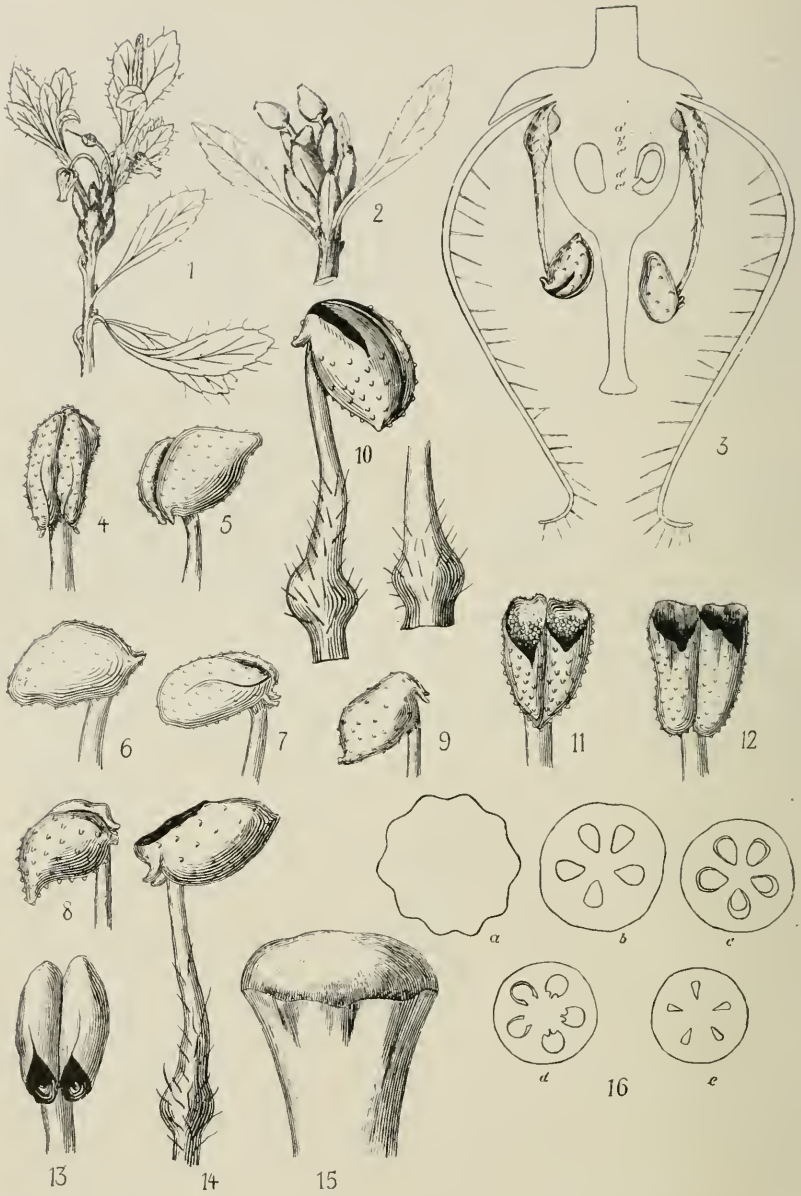


Abb II. *Arctostaphylos alpina.*

1. ($^2/_3$: 1) Blühender Trieb, am Grunde drei letztjährige Blätter. 2. (2 : 1) Generative Knospe mit jungem Blütenstand im ersten Frühjahrsstadium (Pilatus 10. Mai 1912.) 3. (10 : 1) Längsschnitt durch eine Blüte. 4. (23 : 1) Anthere aus einer Knospe im Frühling; extrors gestellt; Anhängsel abwärts; Dehiszenzlinien nach außen. 5.—12. (23 : 1) Antheren in verschiedenen Stadien der Reife und des Umkippens. 13. u. 14. (23 : 1) Antheren, die in einer geschlossenen Blüte in Extrorsstellung platzten. 15. (40 : 1) Narbe und oberster Teil des Griffels. 16. a—e (10 : 1) Querschnitt durch den Fruchtknoten der Blüte 3, entsprechend a'—e'. (Zeichnungen n. d. Natur v. K. AMBERG.)

starke Nutation des kräftigen, runden, wachsartig durchscheinenden Stieles mehr oder weniger schräg nach unten gehalten (Abb. I, 3 und II, 1 und 2). Die Infloreszenz selbst aber ist bei uns aufrecht (Abb. II, 1 und 2) und scheint dies auch in der Arktis zu sein, denn selbst bei einem scheinbar hängenden Blütenstand an trockenem Material aus Tromsö, das ich Herrn Prof. WARMING in Kopenhagen verdanke, erwiesen sich vier Blüten nutiert, während der Stiel der reifsten, fünften Blüte, gestreckt war. Auch bei uns konnte ich eine mehr oder weniger völlige Streckung des Stieles nach dem Verblühen beobachten (Abb. I, 12)[1]).

Die Blumenkrone ist $4\,^1/_2$—$6\,^1/_2$ mm lang, am Grunde 3 bis 4 mm breit. Sie ist gewöhnlich krugförmig; doch finden sich nicht selten auch glockig-kugelige und langgestreckte Formen. Die ganze Krone ist äußerst zart, wie aus Wachs geformt. Der Kronsaum ist fünfspaltig. Die einzelnen Lappen sind mehr oder weniger zurückgebogen, wellig gerollt. Bei jungen Blüten sind die Lappen des Kronrandes meist intensiv rot gefärbt. Diese Rötung klingt aber schon in der obern Hälfte der verwachsenblättrigen Krone nach unten aus. Nur selten findet sich die ganze Krone rötlich überhaucht oder unregelmäßig und vereinzelt rot bekleckst. Während der Entwicklung ist die Krone deutlich grünlichgelb gefärbt; beim vollen Erblühen wird sie aber zart wachsweiß. Die Innenseite der Krone und der Kronlappen trägt kurze, steife Haare. Bei jungen Blüten kann die Krone leicht allein abgezogen werden, wobei die Staubblätter der Fruchtknotenbasis inseriert bleiben. Während des Blühens findet dann eine Verwachsung der Staubblattbasis mit dem Rande der Kronbasis statt, so daß bei gereiften Blüten die Krone stets mit den Staubblättern abfällt. Letztere bleiben dabei mehr oder weniger aufrecht auf dem unteren Kronrand stehen. Dem wulstigen Honigring am Grunde des Fruchtknotens entsprechend, zeigt auch die Krone an ihrer Basis zehn ziemlich ausgeprägte Wülste (Abb. I, 1 und 3). Diese Beulen sind unter sich durch rillige Einschnürungen getrennt, welche vom untern Kronrand gegen den Kronmund hin gespannt sind und allmählich auslaufen. Die Rippen in der Tiefe der Rillen entspringen dem verdickten Ring, der als unterer Kronsaum den Fruchtknotengrund umschließt und der mit den Rippen das feste Gerüst für die Krugform der Krone bildet.

---

1) In WARMING, l. c., ist nach freundlicher schriftlicher Mitteilung des Autors Fig. B, S. 34, die einen hängenden Blütenstand darstellt, irrtümlicherweise verkehrt gesetzt worden.

Die Wülste am Grunde der Krone sind, besonders ganz unten, wachsartig durchscheinend, glasig glänzend. Die Krone selbst ist in ihrem untersten Viertel bis Drittel ziemlich steif, oben aber sehr zart und hinfällig. Beim Welken schrumpft sie zuerst am oberen Rande zusammen und knickt dann gegen die Mitte hin etwas ein, während der starre Unterteil noch längere Zeit seine bauchige Form behauptet. Bei längerem Regenwetter schrumpft die Krone zusammen, bleibt aber welk und graubraun verfärbt oft noch lange auf dem Stiele sitzen, wobei dann häufig die faulende Krone mit dem schrumpfenden Geschlechtsapparat verklebt, bei schönerem Wetter eintrocknet und nur schwer sich wieder lösen läßt.

Bei ganz jungen Blüten ist der Kronmund äußerst enge; denn die fünf Kronrandlappen greifen mit ihren Rändern derart übereinander, daß die Krone in eine kleindurchlochte Spitze ausläuft. Erst wenn die Krone zu ihrer endgültigen Größe herangewachsen und die Blüte voll geschlechtsreif geworden, öffnet sich der Kronmund durch das Zurückrollen seines fünflappigen Randes. Bei großen Blüten mißt der Kronmund 1,0—1,2, ausnahmsweise gar 1,8 mm im Durchmesser.

Von oben — wir denken uns die Blüte stets aufrecht! — erblickt man im Kronschlund die kopfige Narbe (Abb. I, 6), die aus dem tiefer liegenden Kranz der den Griffel umdrängenden Staubbeutel oft fast in die Verengung des Kronschlundes emporragt.

Die zehn freien Staubblätter umstehen in zwei obdiplostemon angeordneten Kreisen die weiblichen Geschlechtsorgane so enge, daß die braunroten Staubbeutel, Kopf an Kopf gedrängt, den Griffel kranzartig umschließen. Die Staubbeutel reichen in der Regel nicht über die halbe Höhe der Corolla empor. Und wenn der eine oder andere Beutel die andern um ein weniges überragt, so ist diese besondere Streckung des Staubfadens wohl hauptsächlich durch den Platzmangel in der Höhe des Staubbeutelkranzes bedingt.

Die Staubfäden sind kurz über ihrem Grunde plötzlich stark verdickt, gegen den Beutel hin werden sie allmählich wieder dünner. Die Verdickung ist warzig-höckerig; die Staubfäden sind meist bis fast zu den Antheren wie die Innenseite der Krone mit feinen, steifen Härchen besetzt (Abb. I, 1).

Die Staubbeutel sind an den Fäden dorsifix befestigt. In der Knospe sind sie extrors gestellt, so daß die oft schon recht deutlichen Dehiszenzlinien nach außen, die beiden kleinen, stumpfen,

hornähnlichen Anhängsel nach unten schauen (Abb. I, 7 u. 8, II, 4). Während der Entfaltung der Blüten kippen die Antheren um, so daß die Anhängsel erst seitlich und schließlich nach oben zu liegen kommen (Abb. II, 4—12). Zugleich öffnen sich die zwei Antherenhälften an der behornten Spitze durch einen großen Porus, der oft so tief greift, daß fast von einem Längsriß gesprochen werden kann, und die reifen Pollenkörner, zu Tetraden vereinigt (Abb. I, 4), können aus den nun intrors stehenden Säcken austreten. Wird durch das Schrumpfen oder durch zu spätes Öffnen der Corolla das Umkippen der Staubbeutel verhindert, so platzen diese in ihrer primären extrorsen Stellung (Abb. II, 13, 14), wobei natürlich die Bestäubung der Narbe in Frage gestellt wird. Diese primäre Extrorsstellung der Antheren hat schon WARMING beobachtet, denn er sagt (l. c. S. 37): „Zuerst stehen sie horizontal, so daß die kleinen, endständigen hornähnlichen Anhängsel direkt nach außen oder etwas nach unten schauen (Abb. 24 H, I)." Sonst hat bisher bei den Ericaceen die introrse Orientierung der Antheren als Regel gegolten, von der nur die Pyrolineen als Ausnahme abweichen (vgl. A. GRAY, Synoptical Flora of North America II, pag. 14). Es wird von Interesse sein, auch die andern Ericaceen in dieser Richtung zu untersuchen.

Die Form der Staubbeutel ist sehr verschieden. In ihrer primären Stellung in der Knospe sind sie meist etwas länglich eirund oder schwach kantig (Abb. I, 7, 8; II, 4—12). Nach der Entleerung sind die Antherenwände meist stark eingesunken und geschrumpft. Die geschlossene Spitze ist dann oft krumm vorgezogen (Abb. II, 11). Auf ihrer Oberfläche sind die Staubbeutel zerstreut warzig-höckerig. Über — Stellung aufrecht gedacht! — der Anheftstelle an den Staubfäden trugen alle untersuchten Staubbeutel rückseits die zwei schon erwähnten warzigen Anhängsel, die aber durchwegs kurz und stumpf waren.

Der Fruchtknoten ist fünffächerig, oberständig, kugelig bis eirund. In jedes Fach des Knotens ragt eine kleine, zweiteilige Placenta mit nur einer Samenanlage hinein (Abb. II, 3 u. 16a—e). Der untere Teil des Fruchtknotens ist als drüsiger Honigring ausgebildet, an dessen Basis die 10 Staubfäden inseriert sind (Abb. I, 1). Jeder Staubfaden ist in eine besondere Einbuchtung des Honigringes gestellt. Die Wülste, die die einzelnen Buchten trennen, lassen sich oft wie die Buchten selbst bis über die halbe Höhe des Fruchtknotens verfolgen, wo sie gegen den Griffel hin allmählich verschwinden. Diese Buchten des Honigringes und Fruchtknotens entstehen da-

durch, daß die Staubfäden in der Knospe sich dem Fruchtknoten enge anschmiegen, ja, ihm förmlich aufgepreßt werden. Hierbei wird natürlich der Honigring am stärksten gebuchtet, weil auf ihn die fleischigen Verdickungen der Staubfäden drücken. In frischen Blüten hebt sich der wulstige Honigring hauptsächlich durch seine etwas dunklere Grünfärbung von dem oberen Teil des prallen, glänzenden und ganz fein hellpunktierten Fruchtknotens ab. Bei schrumpfenden Fruchtknoten aber ist er nach oben durch eine unregelmäßig verlaufende Linie, die durch größere Zellen gebildet wird, ziemlich deutlich abgegrenzt, so daß er den Fruchtknoten kragenartig zu umfassen scheint. Auf dem Grunde der glänzendschwarzen, fleischigen Steinfrucht lassen sich nach Wegheben des Kelches die 10 Wülste des Honigringes als ein Kreis kleiner, brauner Wärzchen um den Fruchtstiel erkennen (Abb. I, 5).

Wie schon erwähnt, hängt die Blüte mit ihrem Kronmund mehr oder weniger schräg nach unten. Der am Grunde des Fruchtknotens abgeschiedene Honig müßte also über den Fruchtknoten gegen den Griffel hin abfließen. Doch die Staubfäden verhindern dies, indem sie durch ihre behaarten Verdickungen das Nektarium gegen seinen oberen Rand hin mit einem eng anschließenden Ring umgeben, der dem Honig den Abfluß gegen den Griffel hin verschließt und ihn zwingt, durch die kleinen, offenen Schleusen zwischen den unverdickten Staubfädenbasen in den Krongrund auszufließen. In dieser Nektarschale des buchtigen Krongrundes liegt der Honig wohl geborgen; denn die steifen Haare, welche die Kroneninnenseite und die Staubfäden bekleiden, verhindern seinen Abfluß und versperren zugleich unwillkommenen Naschern den Weg zum Nektar. Gegen jene abgefeimten Räuber aber, die, wie ich an vielen Blüten beobachten konnte, in den Krongrund ein großes Loch beißen, um von außen den Honig abzusaugen, ist die zierliche Blüte wehr- und machtlos.

Der Fruchtknoten geht ziemlich unvermittelt in den Griffel über, der an seiner Basis oft schwach verdickt ist (Abb. II, 1). Der Rand der Griffelspitze ist um die kopfige, schleimfeuchte Narbe herum zu einer kurzen Manschette vorgezogen (Abb. I, 15), die den fünf schwach ausgeprägten, episepalen Ausbuchtungen der papillösen Narbe sich dicht anschmiegt. Die Narbe überragt stets die Staubbeutel bald mehr, bald weniger, doch mit so vielen Abstufungen, daß sich keine Trennung in lang- und kurzgrifflige Blüten durchführen läßt.

Im Gegensatz zu *Arctostaphylos uva ursi*, die mit ihren langen, als Schüttelapparat dienenden Anhängseln der Staubbeutel

und mit der vorreifen Narbe vorzüglich für Fremdbestäubung durch Hummeln und Bienen eingerichtet ist, führt die ganze Blüteneinrichtung der Alpenbärentraube zur Selbstbestäubung. Ihre geruch- und fast farblose Blüte ist homogam oder schwach protogyn. Für letzteres spricht die häufige Beobachtung, daß die Narbe schon in der Knospe papillös und stark klebrig, also für den Pollen empfängnisfähig ist, wenn kaum ein einziger Staubbeutel sich geöffnet hat. Die Mehrzahl der Staubbeutel öffnet sich nämlich erst während oder kurz nach der Entfaltung der Blütenkrone. — Oft findet sich schon in der gut verschlossenen Knospe die klebrige Narbe mit Pollen belegt. Wenn, wie z. B. in diesem Frühsommer, ungünstiges Wetter das rasche Öffnen der geschlechtsreifen Blüte verzögert, tritt ganz regelmäßig Selbstbestäubung ein. Denn bei der geringsten Erschütterung der Blüte fällt der Pollen massenhaft aus den großlöcherigen Staubbeuteln und wird von der großen Narbe, die oft die Enge des Kronschlundes fast sperrt, oder im dichten Haarkleid der Staubblätter und der Kroninnenseite aufgefangen, um von hier doch bei nächster Gelegenheit noch auf die Narbe zu fallen.

Endlich ist noch eine dritte Form der Selbstbestäubung am Ende der Anthese möglich: Die vollerblühte Krone fällt nach wenigen Tagen samt den Staubbeuteln ab. (Bei diesem Abwerfen der Krone wirkt der Kelch kaum aktiv mit; denn oft konnte beobachtet werden, daß vor der Loslösung der Corolla die Kelchzipfel stark zurückgeschlagen waren und sie sich erst später wieder aufrichteten, um den rasch schwellenden Fruchtknoten enge zu umschließen.) Beim Fall der Krone wird durch den Ruck der letzte Pollen aus den auf dem Krongrund stehenden Staubgefäßen gerüttelt und beim Abrutschen der Krone über den Fruchtknoten und den Griffel hin müssen die Haare der Krone und der Staubbeutel über die Narbe streichen, wobei der Pollen, der etwa zwischen den Haaren gefangen war, nun im klebrigen Narbensaft stecken bleibt.

Natürlich ist auch Fremdbestäubung bei der Alpenbärentraube nicht ausgeschlossen. Denn wie bei der immergrünen Bärentraube können sich z. B. Hummeln an die zurückgeschlagenen Lappen des Kronrandes gut anhängen, um ihren Rüssel in den engen Kronschlund einzufädeln. Ist der Insektenrüssel schon von früher besuchten Blüten her mit Blütenstaub bedeckt, so wird der Pollen auf die Narbe der jetzt besuchten Blüte abgestreift. Bevor aber das Insekt aus dem Grunde der Blüte Honig saugen kann, wird sein Rüssel beim Passieren des Staubbeutelkranzes von neuem

reich mit Pollen bestreut, so daß es in der nächsten Blüte wieder die Bestäubung ausführen kann. — Die Antherenanhängsel sind bei der Alpenbärentraube so klein und stumpf, daß sie unmöglich mehr als Schüttelapparate fungieren können. Sie sind wohl vielmehr als rudimentäre Gebilde anzusehen, die mit dem Übergang der Blüte von der Insektenbestäubung zur Selbstbestäubung ihren Zweck verloren und deshalb im Verschwinden begriffen sind. In der Arktis fand WARMING sie manchmal völlig verschwunden, während sie bei uns nur in der Länge stark variieren, doch in reifen Blüten nie fehlen. Die sommergrünen Blätter, die dichte Behaarung der ganzen Kroneninnenseite, die große Narbe, der enge Kronschlund, die großen Poren der Staubbeutel, die farblose und duftlose kleine Blüte unterscheiden die Alpenbärentraube von den meisten andern Ericaceen und kennzeichnen sie als typische Selbstbestäuberin. Die immer noch starke Honigabsonderung hat ihre Bedeutung als Anlockungsmittel für Insekten verloren. Da bei der oft recht rauhen Witterung des Alpenfrühlings der Insektenflug in diesen hohen Regionen meist sehr spärlich, ist bei der Alpenbärentraube, wie auch bei vielen anderen Alpenpflanzen die Selbstbestäubung vorteilhafter. Möglicherweise spielen die klimatischen Verhältnisse hier eine direkte Rolle, denn die *Arctostaphylos alpina* ist bei uns eine typische Bewohnerin der alpinen Höhenstufe, was von der *A. uva ursi* nicht gesagt werden kann.

Am Pilatus habe ich im Frühsommer 1912, der sich durch rauhe, unbeständige Witterung auszeichnete, in sonnigen Beständen der Alpenbärentraube mehrmals stundenlang auf der Lauer gelegen, ohne ein einziges Insekt zu beobachten, das die zarten Blüten besucht hätte. Die Pflanze war also wohl fast ausschließlich auf die Selbstbestäubung angewiesen, und es ist trotz der ungünstigen Witterung besonders in nördlicher Exposition sehr reiche Fruchtbildung eingetreten. Am Fuße des „Tristeli" am Nauen (Pilatus) haben z. B. in einer Sesleriahalde 76 pCt. der Blüten ihre Früchte zur Reife gebracht![1])

Im Gegensatz zur immergrünen Bärentraube (*Arctostaphylos uva ursi*), die im Alpengebiet für Insektenbestäubung, in der insektenarmen Arktis aber für spontane Selbstbestäubung eingerichtet ist, ist die Blüteneinrichtung der Alpenbärentraube in den Alpen wie im Norden gleich. Nur das von WARMING hin und

1) Über die Frucht vgl. C. SCHROETER, Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1908.

wieder beobachtete Fehlen der Antherenanhängsel[1]), die bei uns in reifen Blüten stets sich finden, deutet darauf hin, daß im arktischen Gebiet die Reduktion dieses rudimentären Blütenorganes weiter vorgeschritten ist. Die Frage, ob hieraus ein Schluß gezogen werden könne auf die Wanderungsgeschichte (Heimat in der Arktis oder in den Alpen?), möchte ich verneinen. Denn eine weiter vorgeschrittene Reduktion kann ebensogut bei einer abgewanderten Rasse auftreten als am Ursprungsort.

Botanisches Museum der eidgen. technischen Hochschule zu Zürich.

87. W. W. Lepeschkin: Zur Kenntnis der Einwirkung supramaximaler Temperaturen auf die Pflanze.

(Mit 2 Textfiguren.)

(Eingegangen am 26. Dezember 1912)

1. Einleitung.

Die Resistenz verschiedener Pflanzen und Pflanzenteile gegen supramaximale Temperaturen ist bekanntlich vielfach und eingehend untersucht worden, und in diesem Aufsatze beabsichtige ch nicht, das schon vorhandene Versuchsmaterial weiter zu vermehren. In den folgenden Zeilen soll nur für einige wichtige Tatsachen, die festgestellt sind, eine Erklärung gegeben werden.

Da verschiedene Erscheinungen, welche supramaximale Temperaturen in der Pflanze hervorrufen, von der Einwirkung dieser Temperaturen auf das Protoplasma herrühren, so würde man für die Erklärung der erwähnten Erscheinungen vor allem diejenigen Vorgänge kennen müssen, welche sich unter der Einwirkung hoher Temperaturen im Protoplasma abspielen. Gerade in dieser Beziehung aber findet man in der vorhandenen Literatur nur wenige, vereinzelte Angaben. Man gibt zwar gewöhnlich zu, daß die Abtötung durch hohe Temperaturen möglicherweise in der Koagulation

1) Übrigens scheinen die Antherenanhängsel im Norden nur recht selten zu fehlen, denn bei 170 untersuchten reifen Antheren aus Blüten von 6 verschiedenen Standorten des hohen Nordens habe ich durchgehends die Anhängsel gefunden.

der Eiweißkörper des Protoplasmas ihre Ursache hat[1]), aber alle Eigentümlichkeiten in der Einwirkung der supramaximalen Temperatur auf die Pflanze bleiben unaufgeklärt.

In meinem vor $2^1/_2$ Jahren veröffentlichten Aufsatze[2]) habe ich darauf hingewiesen, daß die Plasmamembran unter gleichen Versuchsbedingungen bei einer ganz bestimmten Temperatur koaguliert, und daß diese Tatsache unzweideutig den Eiweißgehalt der Plasmamembran beweist. Diese Schlußfolgerung wurde alsdann in einem anderen Aufsatze[3]) durch Versuche über die Einwirkung anästhesierender Stoffe auf die Plasmamembran bei gewöhnlicher und hoher Temperatur bekräftigt.

In den zitierten Aufsätzen wurde auch darauf hingewiesen, daß die Hitzekoagulation in allen Schichten des Protoplasmas gleichzeitig stattfindet, so daß die an der Plasmamembran erhaltenen Ergebnisse in bezug auf die Hitzekoagulation ihren Wert auch für die ganze Plasmamasse behalten. Man kann also mit vollem Recht annehmen, daß das plötzliche Absterben der Pflanze bei einer hohen Temperatur infolge einer weitgehenden Koagulation der Plasmaeiweißkörper stattfindet.

Es ist aber wohl bekannt, daß die Pflanzen bei einer Temperatur, die nur wenig höher als das Maximum ist, ebenfalls mit der Zeit zugrunde gehen, so daß bei einer genügenden Erwärmungsdauer das Ultramaximum und das Maximum der Temperatur zusammenfallen[4]). Ob auch in solchem Falle das Absterben durch eine Koagulation der Plasmaeiweißkörper verursacht wird, ist unbekannt, und in dem vorliegenden Aufsatze beabsichtige ich, zunächst gerade diese Frage zu beantworten.

2. Methodisches.

Die gestellte Aufgabe kann offenbar dadurch gelöst werden, daß man die Einwirkung hoher Temperaturen auf das Protoplasma und unbelebte Eiweißsole bei verschiedener Erhitzungsdauer vergleicht. Stirbt das Protoplasma infolge der Koagulation der Eiweißkörper, so muß die Abhängigkeit der Koagulationstemperatur der unbelebten Eiweißsole von der Erhitzungsdauer derjenigen der supramaximalen Temperaturen von der Zeitdauer, während welcher

1) M. sehe u. a. Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. II, 1904, S. 294.

2) Diese Berichte 1910 Aufs. Nr. 15.

3) Diese Berichte 1911 Aufs. 31. Man sehe auch meinen Aufsatz „Zur Kenntnis der Todesursache" in diesen Berichten 1912.

4) Pfeffer, l. c. S. 280, 288 u. ff.

das Protoplasma diesen Temperaturen ausgesetzt werden muß, um koaguliert zu werden, ganz gleich kommen.

Auf die stattgefundene Protoplasmakoagulation wurde in meinen zu beschreibenden Versuchen, wie auch in meinen anderen Arbeiten (l. c.), von der außerordentlich großen Permeabilitätszunahme der Plasmamembran für gelöste Stoffe geschlossen. Die fortschreitende Plasmakoagulation ruft nämlich stets eine ebenfalls fortschreitende Permeabilitätsvergrößerung hervor, die sich zunächst an molecular, nachher aber auch an colloidal gelösten Stoffen wahrnehmen läßt. Bei einer vollständigen Koagulation des Protoplasmas tritt schließlich kolloidal gelöster Farbstoff des Zellsafts sehr rasch heraus.

Zur Feststellung der mathematischen Abhängigkeit der Koagulationstemperatur des Protoplasmas von der Erhitzungsdauer eignen sich selbstverständlich nur diejenigen Bestimmungsmethoden des Koagulationspunktes, welche eine direkte Beobachtung des Protoplasmas bei der Einwirkung hoher Temperaturen gestatten, und bei deren Ausführung man sicher sein kann, daß die Temperatur, welche die Plasmakoagulation hervorruft, der abgelesenen Temperatur der Umgebung genau entspricht, oder diejenigen, wo wenigstens die letzte Bedingung erfüllt ist. Die beiden Bedingungen sind am besten bei der Methode erfüllt, welche ich in meinem zitierten Aufsatze (Nr. 15, 1910) beschrieben habe und die darin besteht, daß man die Koagulation des Protoplasmas in den plasmolysierten Zellen, die sich in einem kleinen flachen, aus Deckgläschen zusammengeklebten und mit Zuckerlösung gefüllten Gefäße befinden, unter der Einwirkung hoher Temperaturen direkt unter dem Mikroskop verfolgt[1]). Diese Methode habe ich auch in einem Teil der zu beschreibenden Versuche angewandt. Hierbei soll daran erinnert werden, daß bei dieser Methode die Protoplasmakoagulation, deren Temperatur bestimmt wird, an einer sehr raschen Volumverminderung der plasmolysierten Protoplasten (infolge der Permeabilitätszunahme) erkannt wird, und daß die Entfärbung des Zellsaftes (man verwendet lieber Zellen mit gefärbtem Zellsaft) erst bei einer höheren Temperatur beginnt (Aufs. Nr. 15. S. 101), so daß nur die Temperatur des Koagulationsanfangs fest-

1) Das kleine Gefäß befand sich in einem viereckigen Messingwasserbade, dessen zwei gegenüberliegende Wände je eine durch Objektträger geschlossene Öffnung besaßen. Die letztere gestattete das Mikroskopieren des Objekts mit einem Horizontalmikroskope. Das Wasser im Bad wurde stets umgerührt.

gestellt wird. Als Objekt benutzte ich auch diesmal die Zellen der unteren Blattepidermis von *Tradescantia discolor*.

Bei Anwendung der eben beschriebenen Methode erhielt man eine am schärfsten ausgeprägte Abhängigkeit der Koagulationstemperatur von der Erhitzungsdauer, wenn man die Epidermisschnitte einer ununterbrochen, aber ungleich rasch wachsenden Temperatur aussetzte, so daß verschiedene Schnitte während verschiedener Zeit von der Zimmertemperatur bis zum Koagulationspunkt erhitzt wurden.

Zur Erforschung der Abhängigkeit der Koagulationstemperatur von der Erhitzungsdauer bei einer konstanten Temperatur erwies sich dagegen die besprochene Methode als ungeeignet, weil die Protoplasmakoagulation und daher auch die Volumsverminderung der plasmolysierten Protoplasten in diesem Falle und besonders bei der Untersuchung der Einwirkung der Temperaturen, welche nur wenig das Maximum überschreiten, sehr langsam und allmählich stattfindet, so daß man nicht imstande ist, eine bestimmte Koagulationsphase zu notieren[1]). Auch die Beobachtung über die Entfärbung des Zellsaftes führt zu keinen besseren Resultaten.

Die erwähnte Abhängigkeit bei konstanten Temperaturen kann durch eine andere Methode, die eine genügend scharfe Erkennung einer bestimmten Koagulationsphase gestattet, bestimmt werden, wo man aber auf eine direkte Beobachtung der Koagulation unter dem Mikroskope verzichten muß. Diese Methode besteht in der Bestimmung der Erhitzungsdauer bei verschiedenen konstanten Temperaturen, welche notwendig ist, um den Farbstoffaustritt aus den Zellen, die sich in Wasser befinden, hervorzurufen, und in der Vergleichung der infolgedessen entstehenden Färbung des umgebenden Wassers mit der Färbung einer Farbstofflösung von bestimmter Konzentration. Als Objekt benutzte ich in meinen Versuchen rote Rübe.

Die Vorversuche zeigten, daß die Entfärbung der Zellen der roten Rübe, wenn sie auch eine sehr weitgehende Koagulation des Protoplasmas anzeigt und verhältnismäßig rasch vorschreitet, bei konstanten supramaximalen Temperaturen in verschiedenen Zellen nach einer ungleichen Erhitzungsdauer stattfindet. Gerade deswegen war die Vergleichung der entstehenden Wasserfärbung mit einer Musterfärbung besonders notwendig.

---

1) M. vgl. hierzu: de Vries, Bot. Ztg. 1884, S. 292 u. 293; Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 16 1885, S. 466.

Schneidet man die rote Rübe in Stücke, wäscht die letzteren sorgfältig mit Wasser ab, bis sie keinen Farbstoff mehr abgeben, und erhitzt sie in Wasser bei einer konstanten supramaximalen Temperatur, so beobachtet man bei beständigem Rühren nach Verlauf einer bestimmten Zeit eine allmähliche Rötung der Flüssigkeit, die mit der Zeit zunimmt (bei höheren Temperaturen sehr rasch) und ein sichtbares Maximum erreicht, wenn in allen oberflächlich gelagerten Zellen eine vollständige Koagulation des Protoplasmas stattfindet. Nachher ändert sich die Färbung nur langsam infolge der Farbstoffdiffusion aus den tiefer gelagerten Zellen. Um die Abhängigkeit der Koagulationstemperatur des Protoplasmas von der Erhitzungsdauer genauer festzustellen, wurde in meinen Versuchen nur die Zeit des Eintretens einer ganz schwachen Wasserfärbung notiert; man verglich diese Färbung mit derjenigen einer schwachen (etwa 0,00001 pCt.) Fuchsinlösung[1]) und notierte die Zeitdauer, welche von dem Einlegen der Rübenstücke ins Wasser der zu untersuchenden Temperatur bis zum Gleichwerden der Färbungsintensitäten des Wassers und der Fuchsinlösung verflossen war. Auf diese Weise konnte man die Erhitzungsdauer bestimmen, welche nötig ist, um das Protoplasma eines Teils der oberflächlich gelagerten Zellen zu einer sehr weitgehenden Koagulation zu bringen. Da die Anzahl dieser Zellen einen konstanten Bruchteil er Gesamtzahl der Oberflächenzellen ausmacht, so müssen selbstverständlich die zu den Versuchen mit verschiedenen Temperaturen kommenden Rübenstücke stets eine und dieselbe Oberflächengröße besitzen.

In meinen Versuchen waren die Rübenstücke rechteckig, 2 mm dick und besaßen eine 6,5 qcm große Oberfläche. Es wurden 5 solche Stücke (also mit der Gesamtoberfläche von ca. 33 qcm) in 50 ccm bis zu einer zu prüfenden Temperatur erhitzten destillierten Wassers eingelegt, das sich in einem Becherglase befand und während der ganzen Erhitzungsdauer umgerührt wurde. Um die Temperatur der Flüssigkeit konstant zu erhalten, wurde das Becherglas in einem gläsernen Wasserbade, wo das Wasser auch stets umgerührt und die Temperatur durch einen Quecksilberregulator auf einer konstanten Höhe gehalten wurde, befestigt. In demselben Wasserbade befand sich noch ein anderes Becherglas mit der oben erwähnten Fuchsinlösung, die als Muster für die Färbungs-

1) Wenn der Rübensaft eine andere Farbe besitzt, so setzt man zu Fuchsin etwas Orange G zu. Zu meinen Versuchen kam ausschließlich die runde Sorte der roten Rübe zur Verwendung.

intensität diente. Nach dem Einlegen der Rübenstücke ins Wasser fiel gewöhnlich die Temperatur desselben in den ersten Augenblicken um 0,2—0,4 °, so daß man etwas heißes Wasser zusetzen mußte, um die Temperatur so bald als möglich wieder auf die frühere Höhe zu bringen. Dank dem beschriebenen Verfahren schwankte die Temperatur im Becherglase auch bei einer längeren Erhitzungsdauer höchstens innerhalb 0,1—0,2 ° C.

3. Versuche an *Tradescantia discolor*.

Die Epidermisschnitte wurden durch 12proz. Zuckerlösung plasmolysiert und, nachdem sich das osmotische Gleichgewicht hergestellt hatte, in derselben Lösung in das oben beschriebene Gefäß gebracht. Die Erwärmung der Schnitte von der Zimmertemperatur (20 ° C) bis zum Koagulationspunkt des Protoplasmas dauerte im ersten Versuche 4 Minuten, im zweiten 10 Minuten, im dritten 25 Minuten, im vierten 60 Minuten usw. Die Resultate sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Versuche	Erhitzungsdauer in Minuten	Koagulationstemperatur des Protoplasmas in Grad. Celsius								Mittelzahl
1	4	72,2	72,7	72,2	71,7	72	71,7	71,6	72,5	72,1
2	10	69,2	70,2	69,5	70,4	69,2	69,7	69,2	69,7	69,6
3	25	63	63,2	63,2	63,1	62,8	63,6	62,8	63,5	63,2
4	60	57,7	57,6	57	56,5	57,4	57,6	56	56,8	57,0
5	80	56,9	55,8	55,5	55,3	55,9	55,6	55	56	55,7
6	100	54,3	54	55,3	54	53,5	53,8		54,2	54,1
7	150	52	52,5	52,3	51,8	52,8	51		51,5	52,0

Stellen wir die erhaltenen Resultate in Form einer Kurve (AB) dar, indem wir auf der Abszisse die Zeitdauer (Z) der Erhitzung, auf den Ordinaten die Koagulationstemperatur (T) des Protoplasmas auftragen, so erhalten wir folgendes Bild. (Fig. 1.)

Die Kurve AB zeigt, daß nur bei einer relativ kurzen Erhitzungsdauer die Koagulationstemperatur des Protoplasmas durch diese Dauer stark beeinflußt wird, während bei einer Erhitzungsdauer, die länger als $2^1/_2$ Stunden anhält, die Koagulationstemperatur von der Dauer der Erhitzung beinahe unabhängig ist.

Bringt man nun im Diagramm auf der Abszisse die Logarithmen der Zahlen an, welche die Erhitzungsdauer darstellen (allerdings in einem anderen Maßstabe)[1]), während die Anordnung

1) Diese Logarithmen sind $\lg_{10} 4 = 0{,}6$; $\lg 10 = 1$; $\lg 25 = 1{,}4$; $\lg 60 = 1{,}78$; $\lg 80 = 1{,}9$; $\lg 100 = 2$; $\lg 150 = 2{,}18$.

der Temperaturen auf den Ordinaten unverändert bleibt, so erhält man eine Linie CD von beinahe gerader Richtung.

Die Abhängigkeit der Koagulationstemperatur des Protoplasmas von der Erhitzungsdauer hat also einen logarithmischen Charakter und kann annähernd durch die folgende Gleichung ausgedrückt werden:

$$(I) \ldots\ldots T = a - b \lg Z, \text{ wo}$$

T — die Koagulationstemperatur, Z — die Erhitzungsdauer, a und b — Konstanten bedeuten.

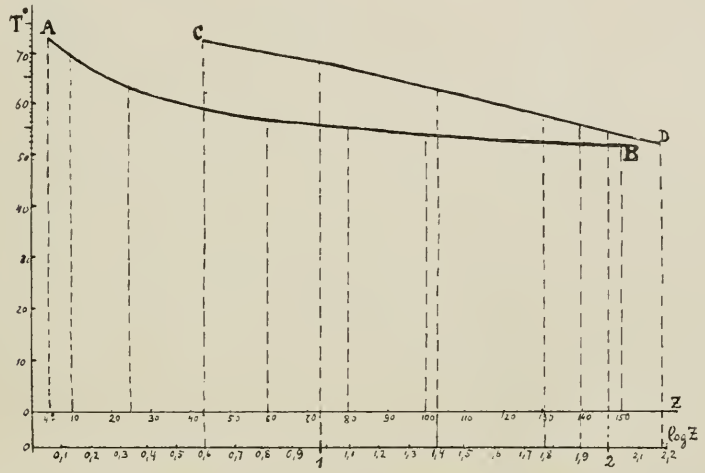


Fig. 1. AB — Die Kurve, welche die Abhängigkeit der Koagulationstemperatur des Protoplasmas von der Erhitzungsdauer darstellt. CD — Die Linie, welche die Abhängigkeit der Koagulationstemperatur von den Logarithmen der Erhitzungsdauer darstellt.

Die Konstanten a und b kann man am genauesten aus den oben angeführten Angaben der Versuche 1 und 7 berechnen[1]). Wenn wir diese Angaben in die Gleichung (I) statt T und Z einsetzen, so ergibt sich aus den erhaltenen zwei Gleichungen: $b = 12{,}8$ und $a = 79{,}8$, so daß die Gleichung I die Gestalt $T = 79{,}8 - 12{,}8 \lg_{10} Z$ (T in Grad. Celsius, Z — in Minuten) annimmt. Wie genau diese Gleichung mit den Angaben der oben an-

1) Die Ungenauigkeit der angewandten Methode äußert sich, wie leicht zu ersehen ist, bei höheren Temperaturen (also bei kleinen Z) meistens in der Größe der Konstante b, während bei niedrigeren Temperaturen (also bei großen Z) diese Ungenauigkeit meistens die Konstanten a beeinflußt. Die genaueste Berechnung der beiden Konstanten ist also auf Grund der Angaben der zwei extremsten Fälle möglich.

geführten Versuche übereinstimmt, zeigt die folgende Zusammenstellung, wo die nach der Gleichung berechneten und in den Versuchen 2—6 gefundenen Größen von Koagulationstemperaturen bei einer gegebenen Erhitzungsdauer parallel angeführt sind.

Versuche Nr.	Erhitzungsdauer Z (in Minuten)	Koagulationstemperaturen T des Protoplasmas	
		berechnet	gefunden
2	10	67 °	69,6 °
3	25	62	63,2
4	60	57,1	57,0
5	80	55,5	55,7
6	100	54,2	54,1

4. Versuche an *Beta vulgaris* (Wurzel).

In jedem Versuch wurden Stücke der roten Rübe (5 Stück, Gesamtoberfläche 33 qcm) in Wasser von einer konstanten Temperatur gebracht und so lange erhitzt, bis das Wasser so stark gefärbt wurde wie die 0,00001 proz. Fuchsinlösung. Die bei verschiedenen Temperaturen beobachtete Erhitzungsdauer, die zur Koagulation des Protoplasmas ausreichte, ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

	Temperatur	85 °	70 °	64 °	60 °	55 °	50 °	45 °
Erhitzungsdauer in Minuten	Versuch 1	0,1	0,7	1,7	2,2	4,5	8,5	30
	„ 2	0,1	0,7	1,6	2,3	4,7	10,2	33
	„ 3	0,1	0,6	1,5	2,3	4,6	9,1	28
	„ 4	0,1	0,7	1,4	2,3	4,8	8,1	25
	„ 5	0,1	0,6	1,7	2,5	5,0	10,5	35
	Mittelzahl	0,1	0,7	1,6	2,3	4,7	9,3	30

Stellen wir das erhaltene Resultat in Form einer Kurve dar, so erhalten wir eine ähnliche Kurve (AB), wie sie für *Tradescantia discolor* gefunden wurde. Bringt man nun im Diagramm auf der Abszisse statt der die Erhitzungsdauer darstellenden Zahlen die Logarithmen derselben an[1]), so erhält man eine Linie CD von beinahe gerader Richtung. (Die Logarithmenzahlen sind in einem anderen Maßstabe aufgetragen.)

Die Abhängigkeit der Koagulationstemperatur des Protoplasmas T von der Erhitzungsdauer Z hat also einen noch deut-

1) Diese Logarithmen sind: $\lg_{10} 0{,}1 = -1$; $\lg 0{,}7 = -0{,}2$; $\lg 1{,}6 = 0{,}2$ $\lg 2{,}3 = 0{,}36$; $\lg 4{,}7 = 0{,}67$; $\lg 9{,}3 = 0{,}97$; $\lg 30 = 1{,}48$.

licheren logarithmischen Charakter als die für *Tradescantia discolor* erhaltene Kurve. Die Konstanten a und b in der Gleichung $T = a - b \lg Z$ gelten für die extremsten und am genauesten ermittelten Fälle der Erhitzungsdauer (also für $Z = 1{,}6$ und $Z = 30$): $a = 67$ und $b = 14{,}9$, so daß die Gleichung $T = 67 - 14{,}9 \lg_{10} Z$ die Abhängigkeit der Koagulationstemperatur des Protoplasmas T von der Erhitzungsdauer Z ungefähr ausdrückt.

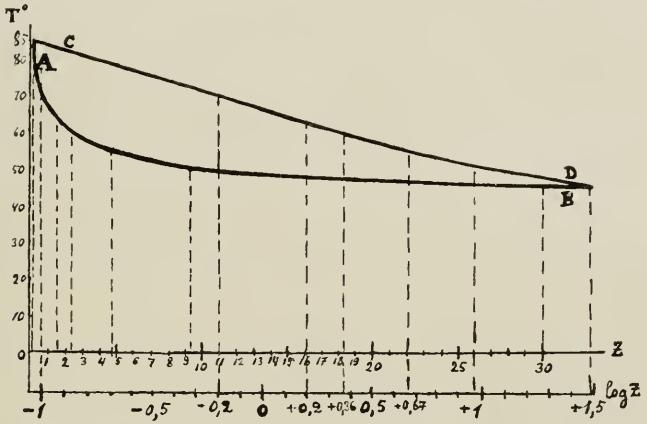


Fig. 2. AB — Die Kurve, welche die Abhängigkeit der Koagulationstemperatur des Protoplasmas von der Erhitzungsdauer darstellt.
CD — Die Linie, welche die Abhängigkeit der Koagulationstemperatur von den Logarithmen der Erhitzungsdauer darstellt.

5. Zusammenstellung der erhaltenen Resultate mit den Angaben, die für Eiweißsole bekannt sind.

Wie die Untersuchungen von BUGLIA gezeigt haben[1]), hat die Abhängigkeit der Koagulationstemperatur der bekannten Eiweißsole von der Erhitzungsdauer einen logarithmischen Charakter und kann in Form ähnlicher Kurven dargestellt werden, wie sie von mir für die Plasmakoagulation von *Tradescantia discolor* und *Beta vulgaris* erhalten wurden. Aus den Beobachtungen BUGLIAS folgt, daß diese Abhängigkeit ebenfalls durch die Gleichung $T = a - b \lg Z$ ungefähr ausgedrückt werden kann, wobei die Konstanten a und b, nach den Angaben desselben Verfassers berechnet, für Blutserum $a = 80{,}6$, $b = 8{,}2$, für verdünntes Albumin $a = 61{,}4$, $b = 6$, für konzentriertes Albumin $a = 53{,}9$ und $b = 4{,}2$ betragen.

1) BUGLIA, Über die Hitzegerinnung von flüssigen und festen organischen Kolloiden. Zeitschr. für Chemie und Industrie der Kolloide. 1909. Bd. 5. S. 291.

Verschiedene Eiweißsole und sogar ungleich konzentrierte Sole desselben Eiweißes haben somit verschiedene Konstanten und wenn die für die rote Rübe und *Tradescantia discolor* gefundenen Konstanten sich von denjenigen der Eiweißsole unterscheiden, so zeigt dieses, daß das Protoplasma andere Eiweißkörper und in anderen Konzentrationen enthält.

Die Einwirkung supramaximaler Temperatur auf das Protoplasma ist also durchaus derjenigen auf unbelebte Eiweißsole gleich. Somit wird die Tatsache begreiflich, daß eine Pflanze, die sich in einer supramaximalen Temperatur befindet, über kurz oder lang zugrunde geht. Je höher diese Temperatur ist, um so kürzer dauert es bis zum Absterben, das durch die Koagulation der Plasmaeiweißkörper verursacht wird.

6. Über die Koagulation der Plasmaeiweißkörper und Eiweißsole bei gewöhnlicher Temperatur.

Aus der logarithmischen Abhängigkeit der Koagulationstemperatur der Eiweißsole von der Erhitzungsdauer kann der wichtige Schluß gezogen werden, daß die Koagulation auch bei Zimmertemperatur stattfindet, aber sehr langsam vor sich geht. Die für die Koagulation bei 20 ° C erforderliche Zeit läßt sich aus der Gleichung $T = a - b \lg_{10} Z$ berechnen, indem man $T = 20$ setzt. Auf diese Weise erhält man für Blutserum diese Zeit $Z = 246 \cdot 10^5$ Minuten = ca. 42 Jahre, für verdünntes Albumin $Z = 797 \cdot 10^4$ Minuten = ca. 15 Jahre, für konzentriertes Albumin $Z = 118 \cdot 10^6$ Minuten = ca. 230 Jahre. Noch beständiger sind die unbelebten Eiweißsole bei 0 °. So erhält man bei $T = 0$ für Blutserum $Z = 677 \cdot 10^7$ Minuten = ca. 13 000 Jahre, für verdünntes Albunim $Z = 174 \cdot 10^8$ Minuten = ca. 250 000 Jahre, für konzentriertes Albumin $Z = 677 \cdot 10^{10}$ Minuten = ca. 4 500 000 000 Jahre.

Setzt man nun in der Gleichung, welche wir für *Tradescantia discolor* und *Beta vulgaris* erhielten, $T = 20$ °, so findet man, daß die für die Koagulation des Protoplasmas bei Zimmertemperatur erforderliche Zeit unvergleichbar kleiner ist. So ist für *Trandescantia* $Z = 47 \cdot 10^3$ Minuten = 33 Tage, für *Beta* $Z = 1880$ Minuten = ca. 31 Stunden. Sogar bei 0 ° ist diese Beständigkeit des Plasmaeiweißkörpers viel geringer als diejenige der unbelebten Sole bei 20 ° C. So finden wir bei $T = 0$ für *Tradescantia discolor* $Z = 17 \cdot 10^5$ Minuten = ca. 3 Jahre, für die rote Rübe $Z = 16200$ Minuten = ca. 11 Tage. Somit ist der Plasmaeiweißkörper bei 20 ° C 200 bis 100 000 mal, bei 0 ° — 4000 bis 400 000 000 mal un-

beständiger als die unbelebten Eiweißsole! Man könnte also mit vollem Recht behaupten, wie ich das übrigens auch früher aus anderen Gründen geschlossen habe[1]), daß das Protoplasmasol einen temporär flüssigen Charakter besitzt, indem es nur eine Zeitlang nach seiner Entstehung flüssige Formart besitzen kann.

Je höher die Temperatur ist, um so kürzer ist die Existenz des Protoplasmasol, und um so energischer muß der Stoffwechsel neue Quantitäten dieses Sols schaffen, welche die koagulierten Teile des Protoplasmas ersetzen müssen, um die lebendige Substanz in lebendem Zustande zu erhalten. Bei einer Temperatur aber, wo die Koagulation zu rasch vor sich geht und die durch dieselbe getöteten Protoplasmateile nicht mehr in vollem Maße durch die neu entstehende flüssige lebende Substanz ersetzt werden können, geht die Zelle und der Organismus mit der Zeit zugrunde; diese Temperatur, wo also kein Wachstum der lebenden Substanz mehr stattfinden kann, heißt das Maximum und ist, wie schon aus den oben angeführten Beispielen hervorgeht (*Beta vulgaris* und *Tradescantia discolor*), für verschiedene Pflanzen verschieden.

In meinen früher veröffentlichten Aufsätzen habe ich u. a. gezeigt, daß die selbständige Koagulation des Protoplasmas durch mechanische Eingriffe bedeutend beschleunigt wird, d. h. daß das Protoplasmasol unbeständiger wird. Daß die Unbeständigkeit des Plasmaeiweißsols durch mechanische Einwirkungen zunimmt, beweist auch meine Beobachtung über die Abhängigkeit der Koagulationstemperatur des Protoplasmas von der Erhitzungsdauer, welche an Zellen bestimmt wird, die vorher einem mechanischen Eingriffe ausgesetzt waren. Man erhält nämlich an solchen Zellen andere Koagulationszeiten. So wurden in meinen Versuchen an Rübenstücken $^1/_2$—1 Stunde nach dem Zerschneiden der Rübe die für die Koagulation des Protoplasmas erforderliche Erhitzungsdauer bei 60 ° C $Z = 1{,}2$ Minuten, bei 55 ° — $Z = 2{,}7$ Minuten, für 50 ° — $Z = 5{,}7$ Minuten gefunden. Daraus ergeben sich die Konstanten $a = 61{,}3$ und $b = 15{,}9$. Bei Zimmertemperatur (also bei $T = 20$ °) berechnet sich $Z = 395$ Minuten = ca. 6 Stunden. Die oben für die rote Rübe aufgestellte Kurve der Abhängigkeit der Koagulationstemperatur des Protoplasmas von der Erhitzungsdauer ist auf Grund von Versuchen gemacht, welche gewöhnlich nicht früher als 15 Stunden nach dem Zerschneiden der Rübe in Stücke ausgeführt wurden. Demnach ist das Protoplasmasol eine Stunde

1) Man sehe meinen Aufs. Nr. 15 in diesen Berichten, 1910. (Bd. XXVIII, Heft 4.)

nach dem Zerschneiden, das mit einer Zellendeformierung verbunden ist, 5mal so unbeständig als nach 15 Stunden. Die Beständigkeit nimmt aber schon 2—3 Stunden nach dem Zerschneiden bedeutend zu, um nach 10—15 Stunden einen konstanten Wert zu erreichen. Die verstärkte Neigung zur Koagulation verschwindet allmählich, nachdem die Zellen wieder ihre normale Gestalt angenommen haben.

Kasan, November 1912.

1) Diese Berichte, 1910 (Bd. XXVIII), S. 97 und 384 ff

Bericht

über die

am 28. Mai 1912 in Freiburg i. B. abgehaltene

neunundzwanzigste Generalversammlung

der

Deutschen Botanischen Gesellschaft.

Wie aus dem den Berichten beigefügten gemeinsamen Programm der „Deutschen Botanischen Gesellschaft“, der „Freien Vereinigung für Pflanzengeographie und systematische Botanik“ und der „Vereinigung für angewandte Botanik“ hervorgeht, wurde der „Botanikertag“ diesmal durch eine Exkursion in den Kaiserstuhl und nach Rufach eingeleitet. Die Aussicht, ein so interessantes Florengebiet kennen zu lernen, hatte schon vor Beginn der Sitzungen eine große Anzahl Fachgenossen nach Freiburg gelockt, so daß die Teilnahme an der Generalversammlung in diesem Jahre eine überaus günstige war. Dank den freundlichen Bemühungen des Herrn MUNK fanden alle Teilnehmer gute Unterkunft, obwohl in Freiburg gleichzeitig noch zwei andere Kongresse stattfanden.

Es nahmen an den Verhandlungen folgende Mitglieder teil:

APPEL-Berlin.
BEHRENS-Berlin.
BRICK-Hamburg.
BUCHWALD-Berlin.
BURCHARD-Orotava.
DIELS-Marburg a. d. L.
DOPOSCHEG-UHLÁR-München.
ENGLER-Berlin.
ENGLER-Breslau.
ERNST-Zürich.
EWERT-Proskau.
FISCHER-Basel.
FISCHER-Berlin.
FISCHER-Bern.

GILG-Berlin.
v. GOEBEL-München.
HANNIG-Straßburg i. E.
HEILBRONN-Münster i. W.
HILLMANN-Berlin.
JOST-Straßburg.
v. KIRCHNER-Hohenheim.
KLEBS-Heidelberg.
KNIEP-Straßburg i. E.
KNISCHEWSKY-Flörsheim a. M.
KNOLL-Graz.
KOLKWITZ-Berlin.
LIESKE-Freiburg i. B.
LINDNER-Berlin.
MÖBIUS-Frankfurt a. M.
MÜLLER-Augustenberg.
MUNK-Freiburg i. B.
MUTH-Oppenheim a. Rh.
NAUMANN-Dresden.
OLTMANNS-Freiburg i. B.
PETERS-Berlin.
RENNER-München.
RÜBEL-Zürich.
SCHENCK-Darmstadt.
SCHLUMBERGER-Berlin.
v. SCHOENAU-München.
SENN-Basel.
SIMON-Göttingen.
Graf SOLMS-Straßburg i. E.
STOPPEL-Straßburg i. E.
SVEDELIUS-Uppsala.
THOST-Berlin.
TISCHLER-Heidelberg.
F. TOBLER-Münster i. W.
G. TOBLER-Münster i. W.
TRÖNDLE-Freiburg i. B.
WÄCHTER-Berlin.
WERTH-Berlin.
WINKLER-Breslau.
WINKLER-Tübingen.

Als Gäste wohnten der Sitzung bei die Herren: BRANDT, v. BEKE, CLARK, EICHLER, JAKOWATZ, NOACK, PLAUT, RABANUS, RAWITSCHER, SCHAFFITZEL, STARK, J. WEISS, K. WEISS, ZIMMERMANN, ZSCHOKKE und Fräulein ELSE WENDEL.

Um 9 Uhr 25 Minuten eröffnete als Stellvertreter des Präsidenten, der am Erscheinen verhindert war, Herr OLTMANNS die Versammlung im Hörsaal des Zoologischen Instituts. Er begrüßte die Anwesenden auch im Namen der Universität und der Stadt Freiburg.

Herr OLTMANNS erstattete sodann einen kurzen Bericht über den Stand der Gesellschaft und teilte mit, daß auch im verflossenen Jahre die Mitgliederzahl in erfreulicher Weise gewachsen sei.

Herr APPEL verlas den Kassenbericht und den Voranschlag für das nächste Jahr. (S. Anlage I.) Eine Diskussion fand nicht statt, der stellvertretende Präsident dankte dem Schatzmeister für seine Mühewaltung und erteilte ihm Entlastung.

Hierauf verlas Herr OLTMANNS die Namen der seit der

vorigen Generalversammlung verstorbenen Mitglieder und Ehrenmitglieder:

E. BORNET-Paris, gest. am 18. Dezember 1911,
SIR J. HOOKER-London, gest. am 11. Dezember 1911,
R. HESSE-Marburg a. d. L., gest. am 16. April 1912,
E. STRASBURGER-Bonn, gest. am 19. Mai 1912.

Die Anwesenden ehrten das Andenken an die Verstorbenen in der üblichen Weise.

Als nächster Punkt stand auf der Tagesordnung der Antrag JUNK (abgedruckt im Heft 3 der Berichte). An der Diskussion beteiligten sich die Herren OLTMANNS, BRICK, APPEL, GILG und THOST. Der Antrag wurde einstimmig abgelehnt, hingegen wurde auf Vorschlag des Herrn OLTMANNS eine Kommission gewählt, deren Aufgabe es sein soll, zu prüfen, ob die Firma Gebr. BORNTRAEGER den pekuniären Interessen unserer Gesellschaft in jeder Hinsicht gerecht wird. — In diese Kommission wurden durch Zuruf die Herren OLTMANNS, OTTO MÜLLER, APPEL, GILG und V. KIRCHNER gewählt.

Herr KNIEP fragte an, ob es sich nicht empfehlen würde, Diskussionen im Anschluß an die Referate in den Berliner Sitzungen in den Berichten abzudrucken. Es sei ihm ein Fall erinnerlich, daß ein Autor sich in einer Polemik auf eine derartige Diskussion berufen hätte, die weiteren Kreisen unbekannt geblieben wäre. Nach einer kurzen Aussprache über diesen Gegenstand wird die Prüfung der Angelegenheit dem Berliner Vorstand überlassen.

Auf Vorschlag des Herrn ENGLER wird als Ort für die nächste Generalversammlung Berlin gewählt. Als Zeit wird Anfang Oktober festgesetzt; der endgültige Termin soll den Mitgliedern später bekanntgegeben werden.

Hiermit waren die geschäftlichen Angelegenheiten erledigt, und die wissenschaftliche Sitzung begann mit einem durch Lichtbilder illustrierten Vortrag des Herrn KARL MÜLLER über „Die Vegetation des Schwarzwaldes“ (s. S. (45)). Hierauf sprach Frl. ROSE STOPPEL: „Über die Bewegungen der Blätter von *Phaseolus* bei Konstanz der Außenbedingungen“ (s. S. (29)) und dann hielt Herrr P. LINDNER, Berlin, einen Lichtbildvortrag über: „Gär- und Assimilationsversuche und Pilzrosenkulturen.“ Er gab einen

kurzen Überblick über die wichtigsten Ergebnisse von Gär- und Assimilationsversuchen, die mit zahlreichen Hefen und Schimmelpilzen der Sammlung des Instituts für Gärungsgewerbe, Berlin, gewonnen worden sind. Eine Zusammenstellung der ca. 8000 Einzelfeststellungen wird demnächst erfolgen. Eine größere Zahl von Lichtbildern, die sich auf die Assimilation von Alkohol, Methylalkohol, Essigsäure, Buttersäure, Aceton, Paraldehyd, Benzin, Benzol, Harnstoff und Luftstickstoff bezogen, wurden erläutert. Besonders auffällig war der Gegensatz zwischen den Kulturen in Äthyl- und Methylalkohol, ersterer wurde von den meisten Mikroben assimiliert, letzterer gar nicht. Auch mit Aceton, Paraldehyd und Essigsäure wurde mit einzelnen Mikroben starke Ernten erzielt. Weitere Lichtbilder zeigten den Unterschied im Verhalten von + - und — -Stämmen von *Phycomyces nitens* gegenüber verschiedenen Zuckerarten. Der — -Stamm wuchs und fruktifizierte meist viel üppiger als der + -Stamm. Den Schluß der Vorführung bildeten Projektionen farbiger Aufnahmen von ca. 40 Pilzrosenkulturen.

Nach einer kurzen Pause sprach Herr TRÖNDLE über „Geotropische Reaktion und Sensibilität“ (s. S. (23)), Herr KNOLL „Über die Abscheidung von Flüssigkeit an und in den Fruchtkörpern verschiedener Hymenomyceten“ (s. S. (36)), und Herr LIESKE über „Untersuchungen über die Physiologie denitrificierender Schwefelbakterien“ (s. S. (12)).

Da keine weiteren Mitteilungen vorlagen, schloß Herr OLTMANNS die Sitzung mit einem Dank an den Direktor des Zoologischen Instituts, Herrn Professor DOFLEIN, der uns den Hörsaal seines Instituts für unsere Versammlung freundlichst zur Verfügung gestellt hatte.

Am Nachmittag wurde ein Ausflug nach Staufen unternommen, und Herr v. KIRCHNER nahm bei dem gemeinsamen Abendessen Gelegenheit, Herrn OLTMANNS im Namen der Anwesenden für seine Mühe und die den Mitgliedern gewährte Gastfreundschaft zu danken.

Die meisten Teilnehmer der Versammlung beteiligten sich in den nächsten Tagen an den Sitzungen und Exkursionen der beiden anderen Gesellschaften, und auch die Schlußexkursion auf den Feldberg, nach Donaueschingen und Beuron erfreute sich reger Beteiligung, ein Zeichen, daß die HEBELschen Verse, mit denen Herr OLTMANNS seine Begrüßungsansprache eingeleitet hatte,

allen Besuchern der schönen Stadt noch lange in den Ohren klangen:

Z'Friburg in der Stadt
sufer ischs' und glatt,
richi Here, Geld und Gut,
Jumpfere wie Milch und Blut,
z'Friburg in der Stadt.

F. OLTMANNS,
z. Z. Stellvertreter des Präsidenten.

W. WÄCHTER,
Schriftführer.

Anlage I.

Rechnungsablage für das Jahr 1911.

			M.	Pf	M.	Pf.
Vermögen am 1. Januar 1911			13 714	64		
Einnahmen:						
Mitgliederbeiträge.						
(Zu zahlen sind für 1911:						
545 Mitglieder à 20 M. . . . . =		10 900 M.				
davon vorausbezahlt . .	164,30 M.					
„ 1911 bezahlt . .	10 735,70 „	10 900 „ w.v.)				
Gezahlt wurden 1911:						
für 1911: a) Beiträge . .	10 635,70 M.					
b) 5 lebenslängl. Mitglieder .	100,— „	10 735,70 M.				
c) Mehrzahlungen	24,29 „					
„ frühere Jahre . . .	110,— „					
„ spätere Jahre . . .	107,30 „					
von einem lebenslänglichen Mitgliede . .	200,— „	11 177,29 „				
Zinsen aus dem Depot und Kontokorrent		602,95 „				
Gewinnanteil an Band XXVIII	480,90 M.					
„ XXIX	497,70 „	978,60 „	12 758	84	26 473	48
Ausgaben:						
Band XXIX der Berichte, 560 Exemplare . . .			7 068	96		
Formulare und Drucksachen			436	05		
Honorare			1 800	—		
Ehrungen			133	35		
Wissenschaftliche Förderung , ...			800	—		
Porto:						
für Schriftwechsel		177,59 M.				
für Berichte		1 143,95 „	1 321	54		
Sonstiges			241	20	11 801	10
Vermögen am 31. Dezember 1911					14 672	38
Es haben betragen:						
die Ausgaben			11 801	10		
die Einnahmen aus den Beiträgen			10 977	29		
so daß die Ausgaben um . . . . . höher sind als die Einnahmen.			823	81		
Bei 545 zahlenden Mitgliedern entfallen auf jedes Mitglied 20,14 M. Einnahmen und 21,65 M. Ausgaben.						

		M.	Pf.	M.	Pf.
Voranschlag für 1912.					
Vermögen am 1. Januar 1912		14 672	38		
Einnahmen:					
Beiträge (550 à 20 M.)	11 000,— M.				
Zinsen	610,— „				
Gewinnanteil	517,62 „	12 127	62	26 800	—
Ausgaben:					
Berichte		7 200	—		
Formulare und Drucksachen		500	—		
Honorare		1 800	—		
Ehrungen		300	—		
Wissenschaftliche Förderung		500	—		
Porto		1 400	—		
Sonstiges		400	—	12 100	—
Vermögen am 31. Dezember 1912				14 700	—

Dahlem, den 6. Mai 1912.

Der Schatzmeister: APPEL.

Revidiert und richtig befunden.

Dahlem, den 14. Mai 1912.

VOLKENS. G. LINDAU.

Anlage II.

Bericht

über die

VI. und VII. Gesamtsitzung des „deutschen Ausschusses für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht“.[1]

Von F. Höck.

Seit meinem letzten Bericht über den „deutschen Ausschuß“ (Ber. d. bot. Ges. XXIX, 1911, S. 320—322) fanden zwei Gesamtsitzungen dieses Ausschusses in Berlin statt, und zwar die VI. am 13. und 14. Oktober 1911 im Vorstandszimmer des Herrenhauses, die VII. am 2. April 1912 im Hause des Vereins deutscher Ingenieure. Beide berücksichtigten vorwiegend den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht an Lehrerbildungsanstalten. Deshalb ging der letzten auch eine Sitzung der Seminar-Kommission am 1. April voran, doch konnte ich aus amtlichen Gründen an dieser nicht teilnehmen, erfuhr nur den Inhalt der Verhandlungen aus dem späteren Bericht, während ich bei den Gesamtsitzungen zugegen war.

In Weiterverfolgung der in meinem vorigen Bericht erwähnten Grundsätze über die Bildung der Lehrer für solche Schulen suchte der Ausschuß jetzt besonders Leitsätze und Lehraufgaben für Lehrerbildungsanstalten festzustellen.

Bisher waren diese vielfach in zwei, selbst örtlich oft getrennte Anstalten geteilt, die Präparandenanstalt als Unterstufe und das Seminar als Abschlußschule. An der ersten unterrichteten oft ganz junge, eben von dem Seminar entlassene, nicht für ein bestimmtes Fach weiter ausgebildete Lehrer. Aber auch an der letzten kam es noch zu oft vor, daß Lehrer in Fächern unterrichten mußten, die ihrem Bildungsgang und Interesse fernlagen, z. B. Theologen in Mathematik oder Naturwissenschaften. Damit solcher Mißstand aufhört, wenigstens der Regel nach nur für ein Fach besonders vorgebildete Lehrer in diesem Unterricht erteilen,

1) Dieser Bericht lag auf der Generalversammlung noch nicht vor.

hält der Ausschuß es für erwünscht, daß wenigstens nach und nach überall beide Anstalten zu einer sechsklassigen (für mindestens 6 Jahre berechneten) verschmolzen oder ergänzt werden Die besondere Berufsbildung dürfte vorwiegend im letzten Jahre erfolgen, so daß 5 Jahre der Allgemeinbildung zur Verfügung stehen und auch das letzte diese wenigstens für eine Gruppe von Fächern, die der Schüler sich auswählt, noch weiter fördert; denn auch für die künftigen Volksschullehrer sieht der Ausschuß eine etwas weitergehende Vertiefung in eine einzelne Fachgruppe als erwünscht an, empfiehlt daher für die letzte Klasse eine Gabelung namentlich nach der mathematisch-naturwissenschaftlichen und sprachlich-geschichtlichen Seite hin, vielleicht neben einer besonderen musikalischen Abteilung.

In den Naturwissenschaften ist in viel stärkerem Maße als auf den höheren Schulen auf Selbsttätigkeit der Schüler zu halten, da diese später fähig sein müssen, ihre eigenen Schüler durch Anschauung und Versuch anzuregen, also zunächst selbst sehen und Versuche anstellen lernen müssen. Diese Rücksichtnahme auf den künftigen Beruf, welche den Gesamtunterricht bedingt, muß auch bei den hier besonders in Betracht kommenden biologischen Fächern maßgebend sein. Daher sind Bestimmungsübungen hier gleichfalls mehr zu pflegen als an anderen Schulen, selbstverständlich aber nur an Tieren und Pflanzen der Heimat, denn der Lehrer muß die Wesen, welche er im Unterricht behandeln soll, zunächst sicher kennen, von allen verwandten oder äußerlich ihnen ähnlichen scharf zu trennen wissen. Aus dem Grunde darf die Systematik auf dem Seminar keineswegs vernachlässigt werden, wie es in letzter Zeit in Übertreibung der durch JUNGE und SCHMEIL ins Leben gerufenen Bestrebungen bisweilen geschah. Die von diesen Methodikern mit Recht betonte Rücksichtnahme auf das Leben der Pflanzen und Tiere, die Ökologie, soll zwar auch im Seminar hervorgekehrt werden, da sie den Volksschulunterricht beherrschen muß, aber die Unterscheidungskunst verdient gleichfalls starke Betonung. Daneben aber muß der Seminarist durch selbst anzustellende Versuche das Leben der Tiere und Pflanzen verstehen lernen, denn ein „Verständnis“ der umgebenden Lebewelt und ihrer Stellung zum Menschen muß die Hauptforderung an jeden Lehrer der Naturkunde sein. Der Volksschullehrer muß auch ein Berater seiner Gemeindemitglieder sein können, besonders dann, wenn er an einem kleinen Ort amtiert, wo keine anderen Berater zur Verfügung stehen. Dies zeigt, daß im Seminar auf den Nutzen und Schaden der einzelnen Lebewesen für den Menschen auch mehr

Wert zu legen ist als an den Schulen, die wesentlich für einen allgemeinen Lebensberuf oder auf den künftigen Hochschulbesuch vorbereiten.

Unterrichtliche Ausflüge sind von allerhöchster Bedeutung; sie lehren die Einzelarten kennen, aber zeigen diese zugleich in ihrem innigen Zusammenleben mit ihresgleichen und mit Gliedern anderer Gruppen, so daß, trotzdem die ökologische Richtung des Unterrichts in hohem Maße beachtet wird, und nicht über dem „Leben der Pflanze" etwa die „Verschiedenheit der Pflanzen" außer acht gelassen werden darf, zumal da auch die verschiedenen Verwandtschaftsgruppen verschiedene Lebensbedingungen verlangen.

Auf die wichtigsten heimischen Vertreter der gesamten Lebewelt ist der Hauptnachdruck zu legen, ihre Vergesellschaftung in Beständen ist nach Ausflügen in möglichster Vollständigkeit vorzuführen, da dies der Seminarist für seinen künftigen Beruf braucht. Die biologische Heimatkunde, die auf Erfahrung aufbaut, bildet zugleich eine Grundlage für das Verständnis der Anpassung der Floren fremder Länder an Boden, Klima usw. So läßt sich das Gesamtbild abrunden, auch ein kurzer Überblick über die wichtigsten Bestände fremder Länder bieten, um dadurch gleichzeitig eine Verbindung mit dem erdkundlichen Lehrstoffe herzustellen. Auch dieser Unterricht baut möglichst auf Beobachtung auf. Tropische Regenwälder werden z. B. mit unseren Wäldern verglichen, Wüsten mit öden Sandfeldern oder an der Küste mit Dünen. Soweit Einzelarten überhaupt hervorgehoben werden, was nur in geringem Maße geschehen kann, weil die hier allein zur Anschauung zu benutzenden Bilder diese undeutlich zeigen, sind sie nach ihrer Stellung zu heimischen zu kennzeichnen oder mit bekannten nutzbaren, daher näher betrachteten anderer Länder zu vergleichen. Der künftige Lehrer soll so in den Stand gesetzt werden, sich später selbst weiter zu bilden, seinen Beruf zu erfüllen, und, wenn er Neigung für unser Fach hat, auch dieses durch eigene Sammel- und Beobachtungstätigkeit zu fördern. So sehen wir, daß auch die richtige Ausbildung des künftigen Volksschullehrers in unserer Wissenschaft dieser selbst wieder nachträglich zugute kommen kann.

Auch die anderen Lehranstalten wurden in den Sitzungen des Vorjahres nicht vernachlässigt. So hat z. B. der Ausschuß in seinem Jahresbericht sowohl durch seine Beschlüsse wie durch Veröffentlichung einer Denkschrift Stellung genommen zu der in meinem vorjährigen Bericht erwähnten Verfügung des preußischen

Kultusministeriums vom 4. November 1910 über Biologie auf der Oberstufe höherer Lehranstalten. Besonders wurde dabei betont, daß die „Eigenart“ der Oberrealschulen in starker Betonung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts bestehen müsse, nicht auch an diesen Schulen die sprachliche Richtung wie bisher vielfach überwiegen dürfe. Hierin befindet sich der Ausschuß im Einklang mit dem Erlaß des Ministers, hat aber vielfach lebhafte Gegnerschaft bei neusprachlichen Direktoren gefunden. Diesem ernstlich in Wort und Schrift entgegenzutreten, ist eine Hauptaufgabe der Mitglieder des Ausschusses, die sie auch auf anderen Versammlungen nicht außer acht lassen. Sie suchen auch Schulmännern von anderen Fächern den bildenden Wert ihres Lehrgegenstandes nahezulegen. So habe ich z. B. auf der 51. Versammlung deutscher Philologen und Schulmänner in Posen am 5. Oktober 1911 die Frage behandelt: „In welcher Beziehung kann der biologische Unterricht fördernd auf die gesamte Geistesbildung der Schüler wirken[1])?“ Doch noch zwei weitere Vorträge jener Sitzung, die nicht von Vertretern des Ausschusses gehalten wurden, behandelten in den Ausschußsitzungen vielfach erörterte Fragen und zeigten, welchen Einfluß schon jetzt der Ausschuß auf den gesamten naturwissenschaftlichen Unterricht hat; auf Einzelheiten kann aber in diesem kurzen Bericht nicht eingegangen werden.

---

1) Vgl. die Verhandlungen über jene Versammlung S. 144—149; ausführlich wiedergegeben ist der Hauptinhalt meines Vortrags in den Unterrichtsblättern für Mathematik und Naturwissenschaften, XVII, 1911, Nr. 8.

Mitteilungen.

I. Rudolf Lieske: Untersuchungen über die Physiologie denitrifizierender Schwefelbakterien [1]).

(Eingegangen am 18. Juni 1912.)

Im Frühjahr 1911 beschäftigte ich mich mit der Kultur von Thiosulfatbakterien. Es gelang mir, aus dem Teich des Botanischen Gartens zu Leipzig eine Reihe verschiedener Arten zu isolieren, die zum Teil das Thiosulfat unter sehr beträchtlicher Ausscheidung von elementarem Schwefel oxydierten. Ich habe diese Arten, die in Kulturen mit geringer Tiefe und großer Oberfläche der Nährlösung bei Luftzutritt üppig gediehen, nicht näher untersucht.

Gibt man die thiosulfathaltige Nährlösung in ein hohes Becherglas oder einen Glaszylinder und impft mit etwas nach Schwefelwasserstoff riechendem Schlamm, so tritt auch hierbei eine Entwicklung von Bakterien ein. Die Formen aber, die auf der Oberfläche der Nährlösung elementaren Schwefel abscheiden, erhält man auf diese Weise nur selten. In der Flüssigkeit dagegen zeigen sich in bestimmter Entfernung von der Oberfläche nach einigen Tagen scharf abgegrenzte opalisierende Zonen, oft drei bis vier übereinander. Dieselben werden verursacht durch Schwefelbakterien, die sich in der Nährlösung an den Stellen entwickeln, die einen ihnen zusagenden Sauerstoffgehalt aufweisen.

Die Arten, die sich am weitesten von der Oberfläche entfernt einstellten, die also das geringste Sauerstoffbedürfnis zeigten, bildeten für mich den Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen.

Die Kulturen wurden in kleinen ERLENMEYER-Kolben von ungefähr 100 ccm Inhalt angesetzt. Die Nährlösung bestand aus:

1) Ausführliche Arbeit in den Sitzungsberichten der Heidelberger Akademie der Wissenschaften. 1912, 6. Abh.

H_2O dest.	100 ccm
$Na_2S_2O_3$	0,5 g
KNO_3	0,5 g
$NaHCO_3$	0,1 g
K_2HPO_4	0,02 g
$MgCl_2$	0,01 g
$CaCl_2$	Spur
Fe_2Cl_6	Spur

Die Kolben wurden mit einem durchbohrten Gummistopfen verschlossen. Durch die Öffnung wurde eine nach unten gebogene Glasröhre geführt, wie das für die Kultur von Gärungsorganismen üblich ist. Nach dem Impfen wurde der Kolben und auch die Glasröhre ganz mit Nährlösung gefüllt, und das freie Ende der Glasröhre wurde in ein Gefäß mit Quecksilber getaucht. Die Nährflüssigkeit stand also mit der Atmosphäre nicht in Verbindung.

Nach wenigen Tagen trat in den Kulturen im Wärmezimmer bei einer Temperatur von 25 ° Celsius eine lebhafte Gasentwicklung ein. Die Nährlösung blieb zunächst ganz klar. Nach einiger Zeit wurde die Gasentwicklung geringer, und die Nährlösung zeigte scheinbar eine leichte Trübung. In Wirklichkeit war aber die Lösung klar, die Wände des Kulturgefäßes dagegen waren mit einer dünnen, schwach opalisierenden Bakterienhaut überzogen, die sich regelmäßig einige Tage, nachdem die Nährlösung verbraucht war und damit die Gasentwicklung aufgehört hatte, in größeren Stücken von dem Glase ablöste und an die Oberfläche stieg.

Durch wiederholtes Überimpfen von dieser Bakterienhaut in neue sterilisierte Kolben wurden Kulturen erhalten, in denen sich fremde Bakterien oder andere Mikroorganismen kaum nachweisen ließen. Reinkulturen ließen sich auf diesem Wege, wie vorauszusehen war, nicht erzielen.

Die Herstellung von Reinkulturen aus diesen Rohkulturen erwies sich als außerordentlich schwierig. Alle die mißglückten Versuche anzuführen, halte ich für zwecklos.

Die Reinkulturen wurden schließlich erhalten durch Ausstreichen der Bakterienhaut auf Agarplatten, die mit der angegebenen Nährlösung und 1,5proz. gewässertem Agar hergestellt waren. Die Bakterien kamen aber nur dann zur Entwicklung, wenn die Platten sich in einer Atmosphäre von sehr geringem Sauerstoffdruck befanden. Die Bakterienkolonien waren im Agar als schwach opalisierende Stellen zu erkennen.

Morphologie, Vorkommen in der Natur.

Der kultivierte Organismus ist ein kleines dünnes Stäbchen von ungefähr 1 μ Länge. Mit Säurefuchsin und Methylenblau sind die Bakterien leicht färbbar. Eine Sporenbildung konnte nicht beobachtet werden.

Die Bakterien wurden im Februar 1911 aus dem schwefelwasserstoffhaltigen Schlamm des Teiches im Botanischen Garten zu Leipzig isoliert. Anscheinend denselben Organismus konnte ich später aus verschiedenen Schlammproben in Freiburg i. B. erhalten, jedoch gelang es mir hier nicht, Reinkulturen herzustellen, da es mir nicht möglich war, noch einmal soviel Zeit und Mühe zu opfern wie bei den bisher beschriebenen Kulturen. Ich halte es aber für sehr wahrscheinlich, daß der erwähnte Organismus im Schlamm unserer Gewässer zu den häufigsten Bakterien gehört.

Der Einfuß von Licht und Temperatur.

Der Einfluß von Licht und Temperatur auf das Wachstum der Bakterien wurde näher untersucht. Im Dunkeln und im diffusen Tageslicht gediehen die Kulturen ungefähr gleich gut. Direktes Sonnenlicht wirkt hemmend auf die Entwicklung der Bakterien, tötet dieselben aber nicht ab.

Der volle Sauerstoffdruck wird von den Bakterien nicht ertragen, ein Wachstum tritt ein bei ungefähr $^1/_5$ bis $^1/_4$ des normalen Sauerstoffdruckes. Bei vollständigem Fehlen von Luftsauerstoff ist dagegen ein sehr gutes Wachstum zu beobachten.

Verschiedene Kohlenstoffquellen.

Alle bisher beschriebenen Kulturen enthielten eine Nährlösung, die aus reinen Salzen und destilliertem Wasser hergestellt war. Versuche mit nochmals umkristallisierten Salzen ergaben kein anderes Resultat. Aus der Luft konnten die Bakterien organische Stoffe nicht aufnehmen, da die Nährflüssigkeit vollständig von der Außenluft abgeschlossen war. Es unterliegt also keinem Zweifel, daß der untersuchte Organismus kohlenstoffautotroph ist. Im Gegensatz zu anderen autotrophen Bakterien zeigte sich, daß ein Zusatz von organischer Substanz zur anorganischen Nährlösung nicht hemmend auf das Wachstum einwirkt.

Als Kohlenstoffquelle konnten verwertet werden:

Ammoniumkarbonat,
Calciumkarbonat,

Magnesiumkarbonat,
Mangankarbonat,
Natriumkarbonat.

Mit freier Kohlensäure trat kein Wachstum ein. Das erklärt sich wahrscheinlich daraus, daß die Karbonate nicht allein als Kohlenstoffquelle dienen, sondern daß sie nebenbei unbedingt gebraucht werden zur Neutralisation der beim Wachstum der Bakterien gebildeten Schwefelsäure.

Verschiedene Schwefelverbindungen.

Die von BEIJERINCK und NATHANSOHN untersuchten Thiosulfatbakterien können ihre Assimilationsenergie durch Oxydation von Thiosulfaten gewinnen. Die bisher beschriebenen Kulturen enthielten als Energiequelle ebenfalls kristallisiertes Natriumthiosulfat ($Na_2S_2O_3 + 5H_2O$). Es wurde nun untersucht, ob auch andere Schwefelverbindungen als Energiequelle dienen können. Zunächst wurden angewendet:

Kaliumsulfid	K_2S_3
Natriumsulfit	Na_2SO_3
Natriumbisulfit	$NaHSO_3$
Natriumsulfat	Na_2SO_4.

Nur bei Kaliumsulfid war ein ganz geringes, kaum merkliches Wachstum zu beobachten, wenn das Salz in sehr geringer Konzentration geboten wurde. Dies beruht aber vielleicht nur auf der Bildung von Schwefelwasserstoff in der Nährlösung, die auf rein chemischem Wege erfolgen kann, oder auf einer schwer vermeidbaren Verunreinigung dieses Salzes durch Kaliumthiosulfat.

Ein ziemlich gutes Wachstum wurde durch Einleiten einer geringen Menge von Schwefelwasserstoff erzielt.

Von den Salzen der niederen Säuren des Schwefels wurden untersucht:

Hydroschwefligsaures Natrium	$Na_2S_2O_4$
Unterschwefelsaures Natrium	$Na_2S_2O_6$.

Bei dem ersten Salz trat keine Bakterienentwicklung ein, das unterschwefelsaure Natrium ergab ein sehr gutes Wachstum.

BEIJERINCK (3) beschreibt Versuche mit nicht reinen Kulturen, in denen sein autotropher Thiobacillus denitrificans elementaren Schwefel als Energiequelle verwertete. Ich gab ebenfalls anstatt des Natriumthiosulfats in die beschriebenen Kulturen freien Schwefel.

Am besten eignet sich sublimierter Schwefel (Schwefelblume), den man sehr rein erhalten kann. Man reibt denselben vorher in

einer Porzellanschale mit etwas Wasser zu einem dünnen Brei an, da er sonst infolge anhaftender Luft auf der Oberfläche der Nährlösung schwimmt. Geschmolzenen und gepulverten Schwefel zu nehmen, erwies sich aus technischen Gründen als unpraktisch. Die Schwefelteilchen werden nämlich in den Kulturen durch anhaftende Gasblasen oft in die Höhe gerissen und können leicht die verschließende Kapillare verstopfen, was bei sublimiertem Schwefel nur selten vorkommt.

Es trat bei diesen Kulturen ein sehr gutes Wachstum, verbunden mit lebhafter Gasentwicklung, ein. Die Zeitdauer der Entwicklung aber war ganz wesentlich länger als in Kulturen mit Natriumthiosulfat als Energiequelle. In Kulturen mit Thiosulfat ist der Oxydationsprozeß gewöhnlich schon nach 5—8 Tagen beendet, bei elementarem Schwefel dauert derselbe mehrere Wochen. Wahrscheinlich ist dieser Zeitunterschied zurückzuführen auf die schwere Wasserlöslichkeit des Schwefels, der anscheinend erst durch Stoffwechselprodukte der Bakterien in eine leichter lösliche Form übergeführt werden muß

Die vorstehenden Versuche zeigen, daß der untersuchte Organismus durchaus nicht angewiesen ist auf das Natriumthiosulfat als Energiequelle, sondern eine ganze Reihe anderer Stoffe können denselben Zweck erfüllen.

Quantitative Bestimmung des assimilierten Kohlenstoffes.

Der durch den chemosynthetischen Assimilationsprozeß gewonnene Kohlenstoff wurde quantitativ bestimmt. Die Kohlenstoffbestimmung wurde ausgeführt nach der Methode von WOLFF-DEGENER-HERZFELD, bei welcher die organische Substanz in einer Lösung von Kaliumbichromat und Schwefelsäure verbrannt wird. (Vgl. TIEMENN-GÄRTNER, Wasseruntersuchung, Braunschweig 1895, S. 258.)

Um zu untersuchen, ob einer bestimmten Menge von den Bakterien oxydierten Natriumthiosulfats eine bestimmte Menge assimilierter Kohlenstoff entspricht, wurden Kulturen, die eine genau abgewogene Menge Natriumthiosulfat und Salpeter im Überschuß enthielten, nach Beendigung des Wachstums analysiert. Die Resultate stimmten gut überein. Es ergab sich für

0,1 g	$Na_2S_2O_3 + 5H_2O$	2,5 mg	CO_2
0,2 g	„	5,5 mg	„
0,3 g	„	12 mg	„
0,4 g	„	15 mg	„
0,5 g	„	19 mg	„

Die Werte sind Mittelwerte aus je drei Bestimmungen. Bei den niederen Mengen sind die Versuchsfehler natürlich verhältnismäßig groß.

Das Verhältnis des oxydierten Thiosulfats zum assimilierten Kohlenstoff ist also innerhalb gewisser Grenzen konstant, und zwar kann durch die Oxydation von 0,1 g Natriumthiosulfat ($Na_2S_2O_3 + 5H_2O$) ungefähr 1,09 mg Kohlenstoff assimiliert werden, oder es müssen, um 1 g Kohlenstoff zu assimilieren, ungefähr 100 g Natriumthiosulfat zu Sulfat oxydiert werden.

Analyse der Stoffwechselprodukte.

Um einen Einblick in den Stoffwechsel des untersuchten Organismus zu gewinnen, war es nötig, die beim Wachstum entstehenden Gase und die Veränderung der Salze in der Nährlösung möglichst genau zu untersuchen.

Die Untersuchung des gebildeten Gases ergab, daß es aus ungefähr 80 pCt. Stickstoff und 20 pCt. Kohlensäure bestand. Mehr oder weniger deutlich ließen sich Spuren von schwefliger Säure nachweisen.

Die Analyse der Salze der Nährlösung ergab, daß die als Energiequelle dienenden Schwefelverbindungen bei Überschuß von Salpeter vollständig zu Sulfaten oxydiert wurden.

Der Schwefel und seine Verbindungen als Energiequelle für die chemosynthetische Assimilation der Kohlensäure.

Die Assimilation von Kohlensäure mit Hilfe chemischer Energiequellen ist bereits von einer ganzen Reihe von Bakterien bekannt. Es seien nur die Nitrat- und Nitritbakterien, die Wasserstoffbakterien und die Eisenbakterien genannt. Schwefelwasserstoff oxydierende Bakterien wurden zuerst von WINOGRADSKY (3) näher untersucht, Thiosulfat oxydierende von NATHANSOHN (1) und BEIJERINCK (1). Der von BEIJERINCK (3) untersuchte Thiobacillus denitrificans, der vielleicht mit dem hier beschriebenen Organismus identisch ist, ist bereits mehrfach erwähnt worden.

Die autotrophen Bakterien gewinnen ihre Assimilationsenergie nicht wie die höheren Pflanzen aus der Energie des Lichtes, sondern durch chemische Oxydationsprozesse. In erster Linie wichtig für die Assimilation ist dabei die Gegenwart von Sauerstoff. Die meisten der bisher untersuchten autotrophen Organismen sind also streng aërob, sie brauchen den Sauerstoff unbedingt für ihren Assimilationsprozeß.

Die in der vorliegenden Arbeit beschriebene Bakterienart ist fähig, ohne die Gegenwart von freiem Sauerstoff zu gedeihen. Die Bakterien müssen sich den Oxydationssauerstoff erst selbst durch Reduktion von Salpeter gewinnen. Die Reduktion des Salpeters ist von vielen Bakterienarten bekannt. Der beschriebene Organismus reduziert Salpeter bis zu freiem Stickstoff, nicht dagegen Nitrit, das von vielen Bakterien leichter als Nitrat reduziert wird.

Der Reduktionsprozeß ist ein endothermer Vorgang, er erfordert also Zufuhr von Energie. Diese Energie wird von den gewöhnlichen denitrifizierenden Bakterien gewonnen aus organischer Substanz. In anorganischer Nährlösung ist also bei ihnen eine Denitrifikation ausgeschlossen. Die beschriebene Bakterienart denitrifiziert in anorganischer Nährlösung. Es muß also eine andere Energiequelle vorhanden sein, die an Stelle der organischen Substanz tritt. Diese Energiequelle, die außerdem noch die Energie für die chemosynthetische Assimilation der Kohlensäure liefern muß, ist der Schwefel und einige seiner Verbindungen. Man kann allerdings auch annehmen, daß die Reduktionsenergie aus der organischen Substanz gewonnen wird, die von den Bakterien durch die chemosynthetische Assimilation gebildet wurde. Durch exakte Beobachtungen konnte keine dieser Annahmen bewiesen werden.

Als oxydierbare Substanz wurde den Kulturen zunächst Natriumthiosulfat zugesetzt. Daß die Bakterien durchaus nicht auf dieses Salz angewiesen sind, ergab sich bald durch weitere Untersuchungen. Die meisten Versuche wurden mit Natriumthiosulfat ausgeführt, weil dasselbe leicht in reinstem Zustande erhalten werden kann und ein besonders schnelles Wachstum ergibt. In der Natur dürfte das Thiosulfat wohl nur eine untergeordnete Rolle für den Stoffwechsel des Organismus spielen.

Die chemischen Stoffe, die bei den Versuchen eine gute Entwicklung der Bakterien verursachten, waren:

Schwefelwasserstoff	H_2S
Schwefel	S
Unterschwefligsaur. Na	$Na_2S_2O_3$
Unterschwefelsaur. Na	$Na_2S_2O_6$

Das hauptsächlichste Endprodukt der Oxydation aller dieser Stoffe war Schwefelsäure. Betrachten wir ganz schematisch die Entstehung dieser Säure aus den genannten Stoffen, indem wir der Einfachheit halber nur die Oxydationsstufen des Schwefels

ohne Rücksicht auf das wirkliche Vorhandensein dieser Verbindungen annehmen, so erhalten wir:

$$2H_2S + 8O = 2SO_3 + 2H_2O$$
$$2S + 6O = 2SO_3$$
$$S_2O_2 + 4O = 2SO_3$$
$$S_2O_5 + O = 2SO_3.$$

Schwefelsäure entsteht also aus allen diesen Verbindungen durch Aufnahme von Sauerstoff. Es fragt sich nun, ob durch Oxydation der einzelnen Verbindungen direkt Schwefelsäure entsteht, oder ob die niederen Oxydationsstufen allmählich in die höheren übergeführt werden, so daß also aus einer Oxydationsstufe immer erst eine nächst höhere gebildet wird. Experimente ergaben über diese Frage näheren Aufschluß.

Die Nährlösung einer Kultur mit elementarem Schwefel als Energiequelle wurde untersucht, und zwar einen halben Tag, nachdem eine deutliche Gasentwicklung begonnen hatte. Die Lösung war vollständig frei von Schwefelsäure. Nachdem dieselbe mit Brom oxydiert worden war, entstand mit Baryumchlorid ein deutlicher Niederschlag von Baryumsulfat. Die Nährlösung enthält also kurz nach Beginn des Wachstums keine Schwefelsäure, wohl aber eine geringe, aber deutlich nachweisbare Menge niedere, durch Brom oxydierbare Säuren des Schwefels. Zwei Tage später enthielt eine auf gleiche Weise angesetzte Kultur sowohl Schwefelsäure als auch die niederen Säuren.

Mit anderen Schwefelsalzen sind die Zwischenstufen der Oxydation, die immer nur in geringer Menge auftreten, schwerer nachweisbar, da sie nicht leicht von den ursprünglichen Salzen zu unterscheiden sind. Es ist aber anzunehmen, daß sie bei allen, als Energiequelle verwendeten Schwefelverbindungen auftreten.

Die Oxydation des Schwefels ist also eine stufenweise. Es erklärt sich hieraus, daß eine ganze Reihe von chemischen Stoffen fähig ist, demselben Organismus als Energiequelle für die chemosynthetische Assimilation zu dienen. Das ist bemerkenswert im Vergleich zu anderen autotrophen Bakterien, von denen bekannt ist, daß sie immer nur einen bestimmten chemischen Stoff als Energiequelle verwerten können. Die Nitritbakterien oxydieren eben nur Ammoniak zu Nitrit, niemals Nitrit zu Nitrat, die Nitratbildner umgekehrt oxydieren niemals Ammonsalze, sondern werden durch diese sogar in ihrem Wachstum gehindert.

Bei dem Wachstum der Bakterien wird aus Schwefel und einigen seiner Verbindungen, einem kohlensauren Salz und

Kaliumnitrat Schwefelsäure, Stickstoff und Kohlensäure gebildet. BEIJERINCK (4) stellte theoretisch für diesen Prozeß bereits eine Formel auf. Im Endeffekt kann nach den Ergebnissen der Analysen der Prozeß wie folgt verlaufen:

$$5S + 6KNO_3 + 4NaHCO_3 = 3K_2SO_4 + 2Na_2SO_4 + 4CO_2 + 3N_2 + 2H_2O$$

oder für Natriumthiosulfat:

$$5Na_2S_2O_3 + 8KNO_3 + 2NaHCO_3 = 6Na_2SO_4 + 4K_2SO_4 + 4N_2 + 2CO_2 + H_2O$$

Beide Prozesse sind exothermisch, können also als Energiequelle für die chemosynthetische Assimilation der Kohlensäure angesehen werden. Wie wir bereits erörtert haben, ist das Resultat des Prozesses aber abhängig von dem Mengenverhältnis, in dem die reagierenden Stoffe in der Nährlösung vorhanden sind. Die Bakterien können, z. B. bei Beginn des Wachstums in einer Kultur, sehr gut wachsen ohne Schwefelsäure zu bilden. Die aufgestellten Formeln besitzen daher nur eine beschränkte Bedeutung, zumal wenn wir bedenken, daß in der Natur der Stoffwechsel des Organismus durch Zusammenwirken mit anderen Bakterien sicher weit komplizierter verläuft.

Eine Diskussion über die Frage, welche Teile des Oxydationsprozesses sich innerhalb der Bakterienzelle abspielen und welche außerhalb, erscheint mir nicht angebracht. Es liegen hierfür keine Beobachtungen vor, und bei der sehr geringen Größe der Bakterien dürfte eine Entscheidung dieser Frage mit unseren heutigen Hilfsmitteln kaum gelingen.

In der Natur scheinen die beschriebenen Bakterien für den Kreislauf des Schwefels eine ganz wesentliche Rolle zu spielen. Der in ungeheuren Massen gebildete Schwefelwasserstoff muß wieder in Schwefelsäure umgewandelt werden, um für andere Organismen nutzbar werden zu können. Daß diese Umwandlung zum großen Teil von Bakterien geleistet wird, ist bereits bekannt. Nach WINOGRADSKY (4) verläuft dieser Oxydationsprozeß ungefähr wie folgt:

$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + S_2$$
$$S_2 + 3O_2 + 2H_2O = 2H_2SO_4.$$

Wichtig ist hierbei, daß für die Bakterien sowohl Schwefelwasserstoff als auch Sauerstoff in ganz bestimmter Konzentration notwendig ist. Daß der Vorgang in der angenommenen Weise verläuft, geht unter anderem aus der Tatsache hervor, daß diese Bakterien sich in einer H_2S-haltigen Nährlösung an einer ganz bestimmten Stelle entwickeln, und zwar an dem Ort, der einen ihnen zusagenden Gehalt an Schwefelwasserstoff und Sauerstoff besitzt.

Man bezeichnet diese in Kulturen sehr auffällige Erscheinung als Bakterienplatte (vgl. LAFAR (1)).

Die Bedingungen für die Entwicklung der eben erwähnten Bakterien sind aber durchaus nicht überall gegeben. Der Schlamm der meisten unserer stehenden Gewässer, der Grund vieler Meeresküsten und andere Orte sind so arm an Sauerstoff, daß eine Oxydation des Schwefelwasserstoffes durch Luftsauerstoff ausgeschlossen ist, und doch finden wir an solchen Orten stets große Mengen von Bakterien. Es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß ein großer Teil derselben einen ähnlichen Stoffwechsel hat wie die beschriebene Art.

Ganz sicher ist, daß von den streng aëroben Schwefelbakterien zu den denitrifizierenden alle denkbaren Übergänge vorhanden sind. In den eingangs erwähnten Rohkulturen waren übereinander mehrere Zonen von Schwefelbakterien, ihrem Sauerstoffbedürfnis entsprechend, angeordnet. Ich hatte es zu meiner Aufgabe gemacht, den extremsten Fall herauszugreifen, d. h. die Bakterien zu untersuchen, die das geringste Sauerstoffbedürfnis besitzen.

Die Untersuchungen wurden mit einer Art durchgeführt. Es gibt sicher eine große Anzahl von Arten, die einen ähnlichen, vielleicht in den Einzelheiten etwas abweichenden Stoffwechsel besitzen, und es ist daher erwünscht, daß durch neue Untersuchungen unsere Kenntnis über diese, für den Haushalt der Natur bedeutungsvolle Gruppe von Bakterien erweitert wird.

Die in vorliegender Arbeit beschriebenen Untersuchungen wurden anfangs im Botanischen Institut der Universität Leipzig, später im Botanischen Institut der Universität Freiburg i. B. ausgeführt.

Zusammenstellung der Hauptresultate.

Der untersuchte Organismus ist ein kleines, dünnes Kurzstäbchen von ungefähr 1 μ Länge. Sporenbildung konnte nicht beobachtet werden.

Die Herstellung von Reinkulturen gelang durch Ausstreichen auf Platten, die mit gewässertem Agar hergestellt waren, aber nur bei geringem Sauerstoffdruck.

Direktes Sonnenlicht wirkt hemmend auf die Entwicklung, tötet aber die Bakterien nicht ab. Die günstigste Temperatur für das Wachstum liegt ungefähr bei 30 °.

Bei vollem Sauerstoffdruck der Atmosphäre tritt kein Wachstum ein. Geringe Mengen von Sauerstoff unterdrücken die Ent-

wicklung nicht. Bei vollständigem Fehlen von Sauerstoff ist ein gutes Wachstum zu beobachten.

Der beschriebene Organismus kann sich nicht heterotroph ernähren. Ein Zusatz von organischer Substanz zur anorganischen Nährlösung wirkt aber nicht hemmend auf das Wachstum.

Als Kohlenstoffquelle können verschiedene Karbonate und Bikarbonate dienen. Freie Kohlensäure allein kann, wahrscheinlich wegen der auftretenden freien Schwefelsäure, nicht assimiliert werden.

Nitrat wird bis zu freiem Stickstoff reduziert. Nitrit kann das Nitrat nicht ersetzen.

Als Energiequelle für die chemosynthetische Assimilation der Kohlensäure konnten verwertet werden: Schwefelwasserstoff, Schwefel, unterschwefligsaures Natrium, unterschwefelsaures Natrium.

Die als Energiequelle gebotenen Schwefelverbindungen werden bei Überschuß von Salpeter vollständig zu Sulfat oxydiert.

Das Verhältnis des oxydierten Natriumthiosulfats zum assimilierten Kohlenstoff ist annähernd konstant, und zwar können durch die Oxydation von 1 g Natriumthiosulfat ($Na_2S_2O_3 + 5H_2O$) ungefähr 10,9 mg Kohlenstoff assimiliert werden.

Die Oxydation der Schwefelverbindungen geschieht wahrscheinlich stufenweise. Eine Verbindung wird nicht direkt zu Schwefelsäure oxydiert, sondern es entstehen Zwischenstufen der Oxydation.

Da an vielen Orten in der Natur eine Oxydation des Schwefelwasserstoffes mit Hilfe des Luftsauerstoffes ausgeschlossen ist, scheint die beschriebene Bakterienart eine bedeutende Rolle für den Kreislauf des Schwefels zu spielen.

Literatur-Verzeichnis.

Beijerinck, (1) Zentralbl. f. Bakteriol., II. Abt, 1904, Bd. 11, S. 593.
— (2) a. a. O., S. 599.
— (3) a. a. O., S. 597.
— (4) a. a. O., S. 598.
Lafar, (1) Technische Mykologie, Jena 1904—1906, Bd. III, S. 237.
Nathansohn, (1) Mitteil. aus der Zoolog. Station zu Neapel, 1902, Bd. 15, S. 655.
Winogradsky, (1) Annales de l'Inst. Pasteur 1890, Bd. 4, S. 268.
— (2) a. a. O., S. 767.
— (3) Botanische Zeitung 1887, Bd. 45, S. 489.
— (4) a. a. O., S. 548.

2. A. Tröndle: Geotropische Reaktion und Sensibilität.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Mit 2 Figuren im Text.)

(Eingegangen am 20. Juni 1912.)

1. Ausgangspunkt der Untersuchung.

MAILLEFER[1]) gibt an, daß die Geschwindigkeit, mit der die geotropische Krümmung vor sich geht, der Zeit, während der die Schwerkraft auf die Pflanze gewirkt hat, proportional sei. Zu diesem Schluß war er durch die folgenden Experimente gekommen. Koleoptilen von *Avena* wurden horizontal gelegt. Nach Beginn der geotropischen Reaktion wurde in Zeiträumen von 5 zu 5 Minuten der Abstand der Koleoptilenspitze von der Horizontalen (h in Fig. 1) bestimmt.

Dabei ergab sich, daß die Abstände h, die nach 5, 10, 15, 20 usw. Minuten bestimmt worden waren, sich annähernd verhielten wie 1 : 4 : 9 : 16 usw. Der Weg, den die Spitze der Koleoptile während der geotropischen Bewegung durchläuft, wäre somit dem Quadrate der Zeit proportional. Oder anders ausgedrückt: es gelten für die geotropische Krümmung dieselben Gesetze wie für den freien Fall. Daraus ergibt sich dann der Schluß MAILLEFERs: die Wirkungen der Schwerkraft auf die Pflanze summieren sich in analoger Weise wie beim freien Fall. Diese Angabe schien für die Theorie der Reizung von Wichtigkeit, so daß ich es für angebracht hielt, näher auf sie einzugehen, um so mehr auch, da die Untersuchungsmethode MAILLEFERs Zweifel an der Richtigkeit seiner Resultate aufkommen ließ.

2. Untersuchungsmethode.

Der Hauptfehler der Untersuchungsmethode MAILLEFERs ist darin zu sehen, daß der Punkt D (siehe Fig. 1) als unverrückbar angenommen wurde. In Wirklichkeit aber ist dieser Punkt D nicht unverrückbar, sondern wird allmählich immer mehr nach der Basis hin verschoben.

1) Bulletin d. l. soc. vaudoise d. sc. nat. 5. S. Vol. 46. Sept. 1910. Nr. 170.

Die von mir angewandte Methode knüpft an die bekannte Erscheinung an, daß die Krümmung an der Spitze der Koleoptile beginnt und von da weg kontinuierlich gegen die Basis fortschreitet. Wir können uns vorstellen, daß dieses Fortschreiten ruckweise erfolgt. Es würde dann erst eine ganz kurze Zone an der Spitze, die an und für sich geradlinig bleibt, aufgekrümmt, worauf eine gleich lange, unmittelbar darunterliegende, ebenfalls geradlinig bleibende Zone von der Reaktion erfaßt würde usw. Das Resultat wäre schließlich, daß wir an Stelle der Kurve, die der gekrümmte Keimling bildet, eine gebrochene Linie erhielten, die aus lauter gleich langen, kleinen, geradlinigen Teilstücken oder Zonen zusammengesetzt wäre. (Siehe Fig. 2.)

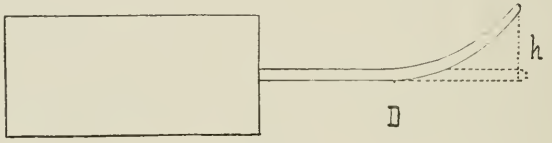


Fig. 1.

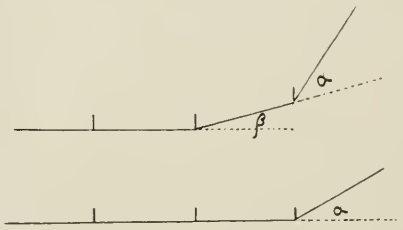


Fig. 2.

Jede dieser geradlinigen Zonen stellt einen Hebelarm dar, dessen Drehpunkt im Schnittpunkt der Zone mit der nächstunteren Zone liegt. Die geotropische Reaktion können wir dann ausdrücken durch den Winkel, den die Zone mit der geradlinigen Verlängerung der nächst unteren Zone bildet (α und β in Fig. 2). Wir dürfen selbstverständlich nicht den Winkel nehmen, den die Zone mit der Horizontalen bildet, denn, wenn zum Beispiel die erste Zone, während sie noch allein aufgekrümmt ist, mit der Horizontalen einen bestimmten Winkel bildet, so wird dieser Winkel schon allein durch die Aufkrümmung der zweiten Zone vergrößert, ohne daß die erste Zone die geotropische Reaktion weiter geführt hätte. (Vergleiche Fig. 2.)

Die praktische Ausführung der Untersuchungsmethode gestaltete sich folgendermaßen:

Koleoptilen von *Avena* und *Hordeum* wurden in Abständen von 2 mm mit Tuschmarken versehen und horizontal gelegt. Von 20 zu 20 Minuten wurden die Keimlinge auf ein straffes, weißes Papier gelegt und neben jeder Tuschmarke mit einem spitzen Bleistift ein Punkt auf das Papier gemacht. Hierauf wurden die successiven Punkte mit geraden Linien verbunden, worauf dann aus dieser Konstruktion die Reaktionswinkel der einzelnen Zonen direkt bestimmt werden konnten.

3. Ergebnisse der Untersuchung.

a) Krümmungsgeschwindigkeit.

Die Krümmung geht mit konstanter Geschwindigkeit vor sich, das heißt, die einzelne Zone beschreibt in gleichen Zeiten gleiche Winkel. Als Beleg dafür seien hier bloß zwei Versuche angeführt. In diesen Versuchen sind neben die experimentell gefundenen Winkelwerte die Werte gesetzt, die in der Annahme berechnet wurden, daß die Krümmung mit konstanter Geschwindigkeit vor sich geht.

Versuch *Avena*.

Berechnete Werte	Gefundene Werte
1 °	1 °
2,3 °	2,3 °
3,6 °	3,8 °
4,9 °	5,0 °
6,2 °	6,1 °
7,5 °	7,4 °

Eine größere Anzahl mit *Avena* ausgeführter Versuche ergaben dieselbe schöne Übereinstimmung zwischen gefundenen und theoretisch berechneten Werten.

Als zweites Beispiel sei ein Versuch mit *Hordeum* angeführt.

Versuch *Hordeum*.

Berechnete Werte	Gefundene Werte
2,4 °	2,4 °
3,3 °	3,3 °
4,2 °	4,4 °
5,2 °	5,1 °
6,1 °	6,1 °
6,9 °	6,5 °

Auch hier bestätigten eine größere Zahl von Versuchen das vorstehende Resultat.

Ich bin somit zu einem Ergebnis gekommen, das dem MAILLEFERschen direkt entgegengesetzt ist.

Es ist deshalb zu fragen, worauf das beruhen mag. Zum voraus will ich bemerken, daß die experimentellen Befunde MAILLEFERs richtig sind, wie sich mir aus einer Nachprüfung ergeben hat. Es ändert sich also der Abstand h der Spitze der Koleoptile von der Horizontalen tatsächlich in der von MAILLEFER angegebenen Weise. MAILLEFERs Deutung seiner Ergebnisse ist aber falsch, denn es läßt sich mathematisch zeigen, daß der Abstand h annähernd proportional dem Quadrate der Zeit zunehmen muß, wenn 1. jede Zone sich mit konstanter Geschwindigkeit aufkrümmt und wenn 2. die Reaktion in gleichmäßiger Weise basalwärts immer neue Zonen ergreift. (Daß die Reaktion in gleichmäßiger Weise basalwärts fortschreitet, wird weiter unten noch gezeigt werden.) Ich will hier bloß das Endergebnis meiner Berechnungen anführen.

In den Versuchen mit *Hordeum* legte die erste 2 mm lange Zone (die Spitzenzone) in 5 Minuten einen Winkel von 2,6 ° zurück. Unter Berücksichtigung der im folgenden mitzuteilenden gesetzmäßigen Abnahme der Krümmungsgeschwindigkeit mit der Entfernung der Zone, von der Spitze der Koleoptile, berechnete sich das Verhältnis der Werte für die Strecke h nach 5, 10, 15 usw. Min. in der nachstehend angegebenen Weise. Neben diese Werte setze ich das Verhältnis, das sich ergeben würde, wenn die Zunahme der Strecke h genau dem Fallgesetz folgte.

	nach 5	10	15	20 Min.
Verhältnis der Werte für h	0,04	0,13	0,27	0,45
Fallgesetz	0,03	0,12	0,27	0,48

Wie man sieht, ist die Übereinstimmung mit dem Fallgesetz eine so große, daß die geringe Differenz im Experiment nicht mehr zum Ausdruck kommen kann. Wir kommen deshalb zum Schluß, daß MAILLEFERs Versuche dasselbe aussagen, wie unsere eigenen, nämlich, daß die geotropische Reaktion mit konstanter Geschwindigkeit verläuft.

Wir wollen nun fragen, wie sich die Geschwindigkeiten der einzelnen Zonen unter sich verhalten. Die Antwort darauf lautet:

Die Krümmungsgeschwindigkeit ist um so geringer, je weiter die Zone von der Spitze entfernt ist. Für diese Abnahme der Krümmungsgeschwindigkeit gilt die folgende einfache Gesetzmäßigkeit: die Krümmungsgeschwindigkeit geht der Entfernung der Zone von der Spitze umgekehrt proportional. Zum Beweise dafür will ich nachstehend die relativen Geschwindigkeiten der einzelnen Zonen anführen, und daneben die Geschwindigkeiten setzen, die berechnet wurden in der Annahme, daß die Geschwindigkeit der einzelnen Zonen ihrer Entfernung von der Spitze umgekehrt proportional gehe.

Zone	Berechnete Geschwindigkeit	Gefundene Geschwindigkeit
1	1,17	1,00
2	0,58	0,55
3	0,39	0,40
4	0,29	0,29
5	0,23	0,28
6	0,20	0,24
7	0,17	0,17
8	0,15	0,11

Was nun die Zuverlässigkeit der mitgeteilten Werte betrifft, so will ich beifügen, daß jeder Wert ein Mittel darstellt aus 150 bis 200 Einzelwerten.

Die gleiche Gesetzmäßigkeit der Abnahme der Krümmungsgeschwindigkeit konnte ich auch für die Epikotyle von *Phaseolus* feststellen.

Was ist nun der nächste Grund für diese Gesetzmäßigkeit?

Man könnte in erster Linie vermuten, daß das Wachstum in analoger Weise von der Spitze nach der Basis hin abnehme. Das ist aber nicht der Fall, denn ROTHERT[1]) wies nach, daß in etwa 20 mm langen Koleoptilen von *Avena* das Wachstumsmaximum etwa 5 bis 10 mm hinter der Spitze liegt und daß eine Spitzenzone von 3 mm Länge nur sehr wenig wächst.

Es muß also die Ursache für die Abnahme der Krümmungsgeschwindigkeit irgendwie in den vorhergehenden Phasen der Reizkette zu suchen sein.

Man könnte denken, daß die Sensibilität von der Spitze nach der Basis in gleicher Weise abnimmt wie die Krümmungsgeschwindigkeit.

Über die Verteilung der Sensibilität liegt eine neuere Arbeit von V. GUTTENBERG[2]) vor. Er fand bei *Avena*, daß eine Spitzen-

1) Beiträge zur Biologie der Pflanze, Bd. 7, 1896, S. 28.

2) Jahrb. f. wiss. Bot. 50, 1911, S. 289 ff.

zone von etwa 2,8 mm Länge maximal empfindlich ist. Ob in dieser Zone die Sensibilität überall gleich ist, oder ob sie nach der Spitze zu höher wird, ist nicht bekannt. In dem hinter der 2,8 mm langen Spitzenzone gelegenen Teil der Koleoptile sind die ersten 5 mm wahrscheinlich empfindlicher als der Rest. Diese Angaben genügen nun aber noch nicht zur Beantwortung unserer Frage. Dazu ist nötig, eine noch genauere Bestimmung der Verteilung der Sensibilität auszuführen. Dies kann dadurch geschehen, daß wir für jede einzelne Zone die Präsentations- und Reaktionszeit bestimmen. Die Versuche zur Bestimmung der Präsentationszeit sind noch nicht abgeschlossen, die Reaktionszeiten hingegen sind bereits ermittelt und sollen im folgenden mitgeteilt werden.

b) Reaktionszeit.

Das Ergebnis der Versuche war, daß die Reaktionszeiten der Entfernung der Zonen von der Spitze proportional gehen, wie aus den nebenstehenden Zahlenangaben zu ersehen ist, wobei neben die experimentell gefundenen Werte die theoretisch berechneten Werte gesetzt sind.

Avena.

Zone:		1	2	3	4	5	6
Reaktionszeit	berechnet:	1,04	2,08	3,12	4,16	5,20	6,24
	gefunden:	1,00	1,98	3,06	4,27	5,64	6,15

Daraus könnte man schließen, daß die Sensibilität der Entfernung von der Spitze umgekehrt proportional gehe. Doch ist eine sichere Entscheidung, ob dieser Schluß richtig ist, natürlich erst zu treffen, wenn die Präsentationszeiten bestimmt sind.

Die Reaktionszeitbestimmungen sind nun aber auch in anderer Hinsicht von Bedeutung. In den Versuchen mit *Avena* betrug die absolute Reaktionszeit in Koleoptilen von etwa 20 mm Länge bei 20 ° C für die erste Zone 8 Min., für die zweite 16 Min. usf. Daraus ergibt sich, daß sich die Reaktionszeit um 8 Min. ändert, wenn wir den Drehpunkt einer Zone um 2 mm vor oder rückwärts verschieben. Wir können uns vorstellen, daß wir die erste Zone um 2 mm nach vorwärts verschieben, so daß ihr Drehpunkt gerade die äußerste Spitze der Koleoptile berühren würde. Die Reaktionszeit würde in dem Fall nach den obigen Auseinandersetzungen gleich null sein. Denken wir uns eine Zone, deren Drehpunkt 4 mm hinter der Spitze läge, so müßte ihre Reaktionszeit 4 Min. betragen. In analoger Weise berechnet sich die Reaktionszeit einer Zone, deren Drehpunkt $^1/_{10}$ mm hinter der Spitze liegt, auf 24 Sekunden. Es muß also allgemein die Re-

aktionszeit für die der äußersten Spitze zunächstliegenden Partien äußerst klein sein, so daß man praktisch den Eindruck gewinnt, als ob die Reaktion in diesen Partien sofort nach Beginn der Reizung einsetzt.

Die Richtigkeit dieses Schlusses ist bereits experimentell bewiesen durch POLOWZOW, die durch MAILLEFER bestätigt wurde. POLOWZOW beobachtete mit dem Horizontalmikroskop und fand, daß die Reaktion an der Spitze schon nach weniger als 1 Min. beginnt. MAILLEFER zieht aus seinen und POLOWZOWs Ergebnissen den Schluß: Es gibt gar keine Reaktionszeit, die Reaktion beginnt unmittelbar nach der Reizung. Nach dem, was wir jetzt über die Abhängigkeit der Reaktionszeit von der Entfernung von der Spitze wissen, ist MAILLEFERs Schluß in dieser Fassung nicht haltbar, er gilt bloß für die alleräußerste Spitze.

Was man bis jetzt mit bloßem Auge als Reaktionszeit bestimmt hat, ist die Reaktionszeit einer mehr oder weniger weit hinter der Spitze liegenden Zone. Je nach dem Beobachter müssen die so erhaltenen Werte verschieden ausfallen.

Wir kommen somit zu dem Ergebnis, daß die Reaktionszeit wirklich existiert. Sie ist aber eine doppelt variable Größe. Sie ist nicht nur abhängig von der Größe der reizenden Kraft, sondern auch von der Entfernung der reagierenden Zone von der Spitze.

3. R. Stoppel: Über die Bewegungen der Blätter von Phaseolus bei Konstanz der Außenbedingungen.

(Vorläufige Mitteilung.)

(Mit einer Abb. im Text.)

(Eingegangen am 23. Juni 1912.)

Nachdem es sich bei meinen Untersuchungen „Über den Einfluß des Lichtes auf das Öffnen und Schließen einiger Blüten“[1]) herausgestellt hatte, daß die Blüten von *Calendula arvensis* in dauernder Dunkelheit und bei konstanter Temperatur Öffnungs- und Schließbewegungen in einem ungefähr 24stündigen Rhythmus

1) Zeitschrift f. Bot. Bd. II, S. 369.

ausführen, drängte sich mir der Gedanke auf, daß sich auch bei den Blättern von *Phaseolus* ähnliche autonome Vorgänge abspielen könnten, die nur infolge der starken Reaktionsfähigkeit der Blätter auf Außenbedingungen bisher übersehen worden waren, oder doch wenigstens nicht einwandsfrei hatten nachgewiesen werden können.

Aus den Versuchen von PFEFFER[1]) ist bekannt, daß die Blätter von *Phaseolus* in dauernder Dunkelheit sowie in dauerndem Licht allmählich ihre Bewegungen einstellen, um dann bei konstanter Belichtung eine fixe Gleichgewichtslage einzunehmen, in dauernder Dunkelheit aber bald zugrunde zu gehen. Aus diesen zuletzt erwähnten Versuchen waren daher keine Schlüsse zu ziehen hinsichtlich einer etwa vorhandenen autonomen Periodizität der Bewegungen. Das allmähliche Aufhören der Schwingungen in dauerndem Licht war aber auch kein einwandfreier Beweis für das Fehlen einer autonomen Periodizität bei den Laubblättern, denn es hatte sich herausgestellt, daß bei den Blüten von *Calendula* diese Bewegungen durch anhaltende Lichtwirkung unterdrückt werden[2]). Um diese Frage zu entscheiden, war es daher erforderlich, Material heranzuziehen, das ohne wesentliche Schädigung einen längeren Aufenthalt in dauernder Dunkelheit aushielt.

Zu diesem Zwecke führte ich meine ersten Versuche derart aus, daß ich Pflanzen von *Phaseolus multiflorus* in Töpfen im normalen Tageswechsel so weit heranzog, bis die Primärblätter entwickelt waren. Alsdann wurde der junge Mittelsproß lichtdicht durch den Boden eines Dunkelkastens geführt, und die Pflanze so lange am Fenster eines Gewächshauses belassen, bis sich ein dreiteiliges Blatt im Innern des Kastens (also dauernd verdunkelt) gut entwickelt hatte. Alsdann wurde die Pflanze in den Versuchsraum in konstante Temperatur und in dauernde Belichtung gebracht. Das etiolierte Blatt blieb indes verdunkelt, und die Bewegungen des Mittellappens wurden automatisch auf der Trommel eines Registrierapparates aufgezeichnet. Die Bewegungskurve dieses Blattes zeigte neben den großen tagesperiodischen Schwingungen auch die bekannten kleinen autonomen Oscillationen und unterschied sich nur quantitativ von der Kurve eines im normalen Tageswechsel befindlichen Blattes.

---

1) Untersuchungen über die Entstehung der Schlafbewegungen der Blattorgane. Abh. d. math.-phys. Kl. d. Königl. Sächs. Gesell. d. Wiss. Bd. XXX, 1907.

2) R. STOPPEL und H. KNIEP, Weitere Untersuchungen über das Öffnen und Schließen der Blüten. Zeitschr. f. Bot. Bd. III, S. 369.

Dieses Resultat war indes noch kein einwandfreier Beweis für die Existenz einer autonomen Periodizität, da es sich bei der angewendeten Versuchsanordnung noch um Nachwirkungen hätte handeln können. Denn erstlich war das Blatt nicht in konstanter Temperatur erzogen worden, außerdem wäre es aber auch denkbar gewesen, daß die durch den tagesperiodischen Lichtwechsel ausgelösten Nachschwingungen der Primärblätter irgendwie zu dem Dunkelblatt hingeleitet wurden.

Um diese Fehlerquelle auszuschließen, war es erforderlich, Blätter zu erziehen an Pflanzen, auf die von der Keimung des Samens an kein Wechsel des Lichtes oder Schwankungen der Temperatur eingewirkt hatten. Dies war möglich nach einer zuerst von JOST angewendeten Methode. Die Bohnen wurden in dauernder Dunkelheit und konstanter Temperatur zur Keimung gebracht und dem Keimling dann so früh als möglich die Gipfelknospe über den Primärblättern und etwa austreibende Achselknospen genommen. Auf diese Weise gelingt es, Blätter zu erziehen von, wenn auch nicht normaler, so doch ganz ansehnlicher Größe. Viele dieser Blätter bleiben kraus und verbogen, einige breiten sich aber auch schön flach aus, und diese wurden nur zu den Versuchen verwendet. Wenn die Bewegungskurven dieser Blätter einen deutlichen Rhythmus zeigten, so konnte an dem Bestehen einer autonomen Periodizität kaum mehr ein Zweifel sein.

Das Resultat dieser Versuche war, daß die von diesen Dunkelblättern aufgezeichneten Kurven in allen Fällen eine deutliche, etwa tagesrhythmische Periodizität aufweisen. Ich glaube daher, durch diese Versuche — die Kurven werden in einer späteren Arbeit veröffentlicht werden — einen einwandfreien Beweis für die Existenz einer autonomen Periodizität der Schlafbewegungen bei *Phaseolus* erbracht zu haben. Auch PFEFFER[1]) ist auf anderem Wege inzwischen zu dem gleichen Resultat gekommen.

Für die Deutung der Bewegungen war es nicht unwichtig, zu wissen, wie sich die Schwingungen der zwei Blätter einer Pflanze zeitlich zueinander verhalten. Es wäre denkbar gewesen, daß die Veränderungen im Turgor der beiden Gelenkhälften beider Blätter nicht synchron verlaufen, daß z. B. in der unteren Gelenkhälfte des einen Blattes der Turgor steigt, während er gleichzeitig in der

1) Der Einfluß mechanischer Hemmung und von Belastung auf die Schlafbewegungen. Abh. d. math.-phys. Kl. d. Königl. Sächs. Gesell. d. Wiss. Bd. XXXII, S. 163.

unteren Hälfte des zweiten Blattes sinkt. Es würde sich dann das eine Blatt heben, während das andere sich senkt.

Versuche, bei denen beide Blätter einer Pflanze ihre Bewegungen gleichzeitig aufzeichneten, ergaben jedoch einen sehr ausgesprochenen Synchronismus der Schwingungen. Die Kulminationspunkte der beiden Kurven fallen fast genau auf dieselbe Stunde.

Dasselbe gilt im allgemeinen auch für die kleinen autonomen Oscillationen, die neben den großen tagesperiodischen Schwingungen auftreten können. Meist jedoch sind diese kleinen Oscillationen bei den Dunkelblättern wenig oder gar nicht zu beobachten. Treten sie aber bei einem Blatt auf, so zeigt sie auch das zweite Blatt derselben Pflanze. Die Größe des Ausschlages ist natürlich bei den beiden Kurven durchaus nicht immer die gleiche; bisweilen zeigt auch die eine Kurve eine kleine Oscillation an, die bei der anderen nicht hervortritt. Ich habe es aber nie beobachten können, daß das eine Blatt sich nach unten bewegte, während das andere gleichzeitig eine Schwingung nach oben ausführte. Übrigens habe ich nicht die Größe der Ausschlagwinkel berechnet, es mag also auch in dem Ausmaß der Bewegungen eine größere Übereinstimmung bestehen, als es nach den Kurven erscheint.

Nach alledem scheint es, daß die großen periodischen Bewegungen sowie die kleinen Oscillationen nicht durch den Zustand des einzelnen Blattes, sondern von der ganzen Pflanze bestimmt werden. .

Diese Übereinstimmung der Bewegungen regte von neuem den Gedanken in mir an, daß es sich bei den periodischen Schwingungen doch nur um Reaktionen auf einen aitionastischen Reiz handle. Es wurde daher Sorge getragen, daß die Töpfe zu möglichst wechselnden Tages- oder Nachtstunden begossen wurden. Dies änderte an dem Resultat nichts. Außerdem konnten nur geringe Temperaturschwankungen ($^1/_2$ — $^3/_4$ °) verantwortlich gemacht werden, die an einzelnen Tagen in dem Versuchsraum nicht zu vermeiden waren. Auch diese Deutung hatte nicht viel Wahrscheinlichkeit für sich, da diese kleinen Differenzen in dem Zimmer nicht einmal an allen Tagen zu beobachten waren. Dennoch machte ich eine Anzahl Versuche, um festzustellen, ob durch Temperaturschwankungen eine Beeinflussung der periodischen Bewegungen zu konstatieren war. — Es ergab sich, daß bei Differenzen von 6—8 ° keine merk-

bare Reaktion in den Kurven hervortrat. Es war gleichgültig, ob die Temperatursteigerung während der Hebe- oder während der Senkbewegung des Blattes einsetzte, oder umgekehrt ein Sinken der Temperatur während dieser Phasen eintrat, — in jedem Fall ging die Bewegung weiter, ohne daß eine deutliche Reaktion zu beobachten gewesen wäre. Im Hinblick auf diese Versuche halte ich es daher für ausgeschlossen, daß die tagesrhythmischen, periodischen Bewegungen auf die Temperaturschwankungen im Versuchsraum zurückzuführen sind.

Als letzter Punkt meiner Untersuchungen wird nicht die Frage berührt werden, inwieweit bei dem Zustandekommen der normalen Schlafbewegungen die autonome Bewegung oder eine aitionastische Reaktion sich geltend macht. Meine weiteren Versuche sollten andere Fragen klären.

Es ist durch die Untersuchungen von PFEFFER[1]) und A. FISCHER[2]) bekannt, daß die Bewegungen der Bohnenblätter in hohem Maße abhängig sind von der Angriffsrichtung der Schwerkraft. Nach PFEFFER dreht sich die Richtung der Bewegung in bezug auf die Pflanze selbst um, sobald man dieselbe invers stellt, und nach FISCHER hören die Schlafbewegungen auf, sobald man die Pflanze um die horizontale Achse eines Klinostaten rotieren läßt. Es verhalten sich aber nicht alle Pflanzen wie *Phaseolus*, und FISCHER unterscheidet daher die geonyctitropischen (*Phaseolus*, *Lupinus* usw.) von den autonyctitropischen. Bei den Repräsentanten dieser letzten Gruppe (*Oxalis*, *Portulaca*) werden die Bewegungen bei Rotation an der Klinostatenachse nicht eingestellt, und bei Inversstellung der Pflanze wird die Richtung der Bewegung in bezug auf die Pflanze nicht umgekehrt. Es liegen keine Angaben darüber vor, ob bei diesen Pflanzen autonome periodische Schwingungen beteiligt sind.

Da die früheren Versuche an Bohnenblättern gemacht worden waren ohne Berücksichtigung der autonomen periodischen Schwingungen, in den meisten Fällen sogar ohne Ausschluß des Lichtes, so hielt ich eine Wiederholung der Versuche für erforderlich unter den konstanten Außenbedingungen, wie sie oben beschrieben sind. Meine Resultate bestätigen die früheren Erfahrungen vollkommen. Wird die Pflanze invers gestellt, so wird die Richtung der Bewegung fast momentan umgekehrt. Es ist für den Erfolg vollkommen gleichgültig, in welcher Phase der Bewegung die Pflanze

1) PFEFFER, Pflanzenphysiologie, II. Aufl., 1904, S. 509.
2) Bot. Zeitung 1890, S. 672.

umgekehrt wird. In jedem Fall stellt das Blatt die Richtung seiner Bewegung entsprechend der veränderten Angriffsrichtung der Schwerkraft ein und erreicht die Culminationspunkte der Kurve zur gleichen Zeit wie in der ersten Stellung. Bei wiederholtem Umdrehen wird jedesmal auch die Bewegungsrichtung in bezug auf die Pflanze geändert, mit Innehaltung einer für jede Lage spezifischen mittleren Gleichgewichtslage.

Fig. 1. Registrierapparat mit 2 Walzen von der Firma BOSCH, Straßburg. Das Papier wird um beide Walzen gelegt und selbstregulatorisch durch eine Feder gespannt. Unter der einen Walze befindet sich das Uhrwerk, diesem gegenüber eine Libelle.

Ob die beobachteten Erscheinungen nun als nastische oder tropistische im Sinn der üblichen Definition angesehen werden können, ob sie Übergänge zwischen beiden darstellen, oder als ein von diesen beiden differenter Vorgang aufgefaßt werden muß, soll hier nicht diskutiert werden.

Weitere Beobachtungen über die Schlafbewegungen der Laubblätter hoffe ich im Laufe einiger Zeit veröffentlichen zu können, da die Untersuchungen weitergeführt werden. Auf einen Erklärungs-

versuch hinsichtlich des Zustandekommens der autonomen Periodicität kann ich mich vorläufig nicht einlassen.

Zum Schlusse möchte ich noch der Apparate Erwähnung tun, die mir beim Registrieren der Bewegungen gedient haben. Auf die direkte Beobachtung, die bei *Calendula* durchgeführt wurde, habe ich bei den Laubblättern verzichtet.

Zuerst stand mir durch die Liebenswürdigkeit von Herrn Prof. OLTMANNS ein Registrierapparat von ZIMMERMANN zur Verfügung, wie er auch von PFEFFER hauptsächlich benutzt wurde. Später konstruierte mir eine hiesige Firma eine einfache rotierende Trommel aus dem Uhrwerk eines Barographen.

Da bei diesen beiden Apparaten der Schreibhebel die Kurve an einer gewölbten Fläche aufzeichnet, so kommen bei größeren Ausschlägen zeitliche Verschiebungen in die Kurven, die bei der Eintragung der Zeitkurven nicht berücksichtigt werden können. Die Fehler können bei größeren Ausschlägen ein oder auch mehrere Stunden betragen.

Jetzt steht mir ein durch die Firma BOSCH, Straßburg (Münstergasse) konstruierter Apparat zur Verfügung. (Fig. 1.) Bei diesem wird der obige Fehler vermieden, weil das Schreibpapier über 2 Walzen läuft, und daher eine ebene Schreibfläche gebildet wird. Außerdem bewegt sich das Papier bei diesem Apparat in jeder Stunde um 3 mm vorwärts, während bei dem ZIMMERMANNschen nur ca. 2 mm pro Stunde durchlaufen werden. Auch hierdurch wird eine größere zeitliche Genauigkeit bedingt.

An dieser Stelle möchte ich der Deutschen Botan. Gesellsch. noch meinen Dank aussprechen, daß sie mich durch Verleihung des Stipendiums in die Lage gesetzt hat, die Arbeit fortzusetzen.

4. F. Knoll: Über die Abscheidung von Flüssigkeit an und in den Fruchtkörpern verschiedener Hymenomyceten[1]).

(Mit 6 Textfiguren.)

(Eingegangen am 9. Juli 1912.)

Fruchtkörper bestimmter Hymenomycetenarten, die während ihres Heranwachsens ihren Substanzbedarf aus einem feuchten Substrat decken und dabei vielfach in feuchter Luft sich entwickeln müssen, besitzen häufig eigene Organe für die Abscheidung von Wasser in flüssiger Form. Gleichzeitig werden an diesen Organen oft wasserlösliche Endprodukte des Stoffwechsels abgegeben. Trotz mancher Verschiedenheiten in der Ausbildung zeigen diese Organe (Hydathoden) bei den verschiedenen Arten eine Anzahl charakteristischer gemeinsamer Merkmale. Die Hydathoden, von denen hier zunächst gesprochen werden soll, sind einzellige Haare, — ich will sie deshalb Trichomhydathoden nennen —, die sich durch ein engbegrenztes Längenwachstum auszeichnen. Diese Haare sondern an ihrem freien Ende fast stets nur einen einzigen Flüssigkeitstropfen ab (z. B. *Psathyrella disseminata* (Pers.) Quél[2]); nur an den Enden der wasserabsondernden Haare von *Coprinus radiatus* (Bolt.) Fr.[3]) fand ich gleichzeitig fast immer mehrere Tropfen abgeschieden, wobei jedoch der an der Spitze des Haares sitzende Tropfen immer die übrigen an Größe bedeutend übertraf. Diesen Typus betrachte ich als den phylogenetisch älteren Typus, da die Flüssigkeitsabsonderung wie bei den vegetativen Hyphen und den phylogenetisch tiefer stehenden Formen, z. B. den Sporangien-

1) Die vorliegende Veröffentlichung ist eine teilweise veränderte Wiedergabe des Vortrages, den ich in der 29. Generalversammlung der Deutschen Botanischen Gesellschaft in Freiburg i. B. gehalten habe. Die Veränderungen ergeben sich daraus, daß ich einerseits die Tatsachen, die ich erst kürzlich unter dem Titel „Untersuchungen über den Bau und die Funktion der Cystiden und verwandter Organe“ in den Jahrbüchern f. wiss Botanik (B. 50, 1912, S. 453—501) veröffentlichte, hier nur ganz kurz wiedergeben wollte, andererseits aber einige noch nicht veröffentlichte Beobachtungen und Versuche, die bei dem Vortrage nur kurz mitgeteilt worden waren, hier ausführlicher zu schildern gedachte.

2) Vgl. a. a. O. S. 458 und Fig. 1 (S. 459).

3) a. a. O. S. 471, Fig. 35, 36.

trägern von *Pilobolus*, noch auf verschiedene Punkte der Zelle verteilt ist. Jedoch ist die bedeutende Größe des endständigen Tropfens eine Erscheinung, die von *Coprinus radiatus* (Bolt.) Fr. zu den Typen mit streng terminaler Absonderung eines einzigen Tropfens hinüberleitet.

Solche Trichomhydathoden findet man bei verschiedenen Arten entweder nur auf der sterilen Oberfläche des Fruchtkörpers oder nur auf der Oberfläche des Hymeniums, manchmal auch gleichzeitig auf beiden. (Die Hydathoden des Hymeniums hat man bisher gewöhnlich als Cystiden bezeichnet.) Die Form dieser Haare läßt meist eine Gliederung in mehrere Abschnitte erkennen (Fußteil, Bauchteil, Halsteil, Kopfteil), wobei bei verschiedenen Arten einzelne dieser Abschnitte besonders deutlich sichtbar sein können oder stark oder gänzlich zurücktreten. An allen diesen Exkretionsorganen konnte ich an der Austrittsstelle der Flüssigkeit eine Verschleimung der Zellwand nachweisen. In dem Schleime scheiden sich dann vielfach Kalziumoxalat oder harzähnliche Substanzen aus[1]).

In der letzten Zeit hatte ich Gelegenheit, die Absonderung von Flüssigkeit an den Fruchtkörpern von *Paneolus helvolus* (Schaeff.) Bres.[2]) zu studieren. Ich erhielt diese Art auf Pferdemist, den ich längere Zeit in einem geschlossenen Glasgefäße sich selbst überlassen hatte. Da ich das Verhalten dieser Art noch nicht beschrieben habe, will ich es hier als Beispiel anführen. Die Fruchtkörper von *Paneolus helvolus* (Schaeff.) Bres. zeigen vor der Sporenaussaat die Absonderung von Flüssigkeit in einem viel höheren Maße als alle von mir bisher beobachteten Arten. Der Stiel und der untere Rand der sterilen Hutoberfläche ist dicht bedeckt von großen und kleinen Flüssigkeitstropfen, wenn man den Pferdemist genügend feucht hält und die Fruchtkörper unter einer Glasglocke sich entwickeln läßt (Fig. 1). Dagegen findet man auf dem Scheitel der Hutoberfläche keine solchen Tropfen. Läßt man die ausgeschiedene Flüssigkeit auf Glas eintrocknen, so wird sie allmählich dickflüssiger, und es verbleibt beim gänzlichen Vertrocknen ein durchsichtiger, strukturloser Rückstand von schwach gelblicher Farbe, der sich nach Wasserzusatz wieder löst. Er zeigt, soweit

---

1) Alle diese Befunde sind in meiner vorhin zitierten Arbeit an zahlreichen Beispielen ausführlich beschrieben worden.

2) Die Bestimmung verdanke ich der Freundlichkeit von G. Bresadola, Trient.

ich ihn untersucht habe, das Verhalten der bei anderen Arten beobachteten „Schleime“ der Hydathodenenden.

An Längsschnitten durch den Fruchtkörperstiel sieht man, daß die äußerste Hyphenlage zahlreiche annähernd gleichlange Haare trägt. Fertigt man die Schnitte derart an, daß man beim Schneiden die Verdunstung und das Abstreifen der ausgeschiedenen

Fig. 1.

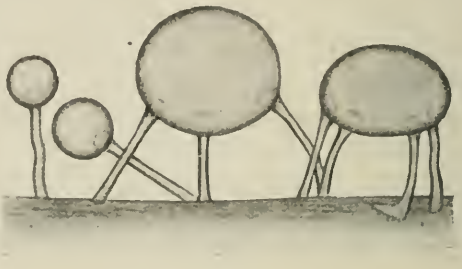


Fig. 2.

Fig. 3.

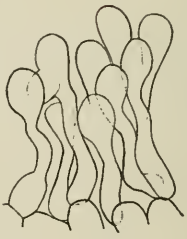


Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 1—5. *Paxillus involutus* (Schaeff.) Bres.

Fig. 1. Junger Fruchtkörper mit den von den Hydathoden ausgeschiedenen Tropfen. (Vgr. ca. 4.) — Fig. 2. Hydathoden des Fruchtkörperstiels mit den an ihren Enden haftenden Schleimtropfen. (Vgr. ca. 400.) — Fig. 3. Bau der Hydathoden des Fruchtkörperstiels. (Vgr. ca. 550). — Fig. 4. Hydathodengruppe des Lamellenrandes. (Vgr. ca. 550). — Fig. 5. Einzelne Hydathoden des Lamellenrandes. (Vgr. ca. 550.)

Tropfen vermeidet, so sieht man, wenn man den Schnitt auf einem großen Wassertropfen schwimmen läßt, bei hinreichend starker (mittlerer) Vergrößerung das in Figur 2 wiedergegebene Verhalten. Die Abbildung zeigt, daß die von den Haaren ausgeschiedenen Tropfen von den Haarenden über das Niveau der äußersten Hyphenlage des Fruchtkörpers emporgehalten werden. In dem abgebildeten

Falle war die Flüssigkeit schon etwas verdunstet, trotzdem sieht man aber, daß manche Flüssigkeitstropfen von einem Haare, manche aber auch von mehreren getragen werden. Bei der von mir beobachteten überaus reichlichen Flüssigkeitsabsonderung der Haare werden die großen Tropfen (deren Durchmesser bis ca. 4 mm betragen kann) oft von einer Unzahl von Haaren getragen, indem bei der fortschreitenden Größenzunahme der Tropfen (bei verhinderter Verdunstung) die benachbarten Tropfen bei der Berührung zu immer größeren Tropfen sich vereinigen. Wenn man Haare betrachtet, deren Flüssigkeitstropfen schon fast verdunstet sind, kann man häufig zwischen benachbarten Haarenden ausgespannte Schleimfäden beobachten, die als der Rest solcher von zwei oder mehr Haaren getragenen Tropfen aufzufassen sind. Ähnliches hatte ich schon früher bei *Psathyrella disseminata* (Pers.) Quél. beobachtet, nur daß bei dieser Art das Durchreißen der zwischen den Haarenden sichtbaren Schleimreste früher erfolgt und keine Bildung von Fäden zustandekommt[1]).

Wenn die Sporenaussaat beginnt, kann man an der Schneide der Hymeniallamellen von *Paneolus helvolus* (Schaeff.) Bres. schon mit freiem Auge Säume von Flüssigkeitstropfen wahrnehmen. Die mikroskopische Untersuchung dieser Stelle ergab, daß auch hier die Flüssigkeitsabsonderung durch Vermittlung von Haaren erfolgt.

In ihrem Bau zeigen die Hydathoden des Fruchtkörpers von *Paneolus helvolus* (Schaeff.) Bres. ein Verhalten, das sich teilweise vom Verhalten der von mir schon früher beschriebenen Trichomhydathoden unterscheidet. Bei den Hydathoden des Fruchtkörperstiels (Fig. 3) der genannten Art ist der Fußteil schmal und kurz, dann folgt ein schmal-spindelförmiger Bauchteil, der ohne Absatz in den Halsteil übergeht. Oft fehlt auch ein solcher Bauchteil, so daß die Haare sich mehr der Zylinderform nähern. Am Haarende (Kopfteil) hat das Organ in den meisten Fällen den größten Durchmesser, so daß der Umriß des Organs annähernd Löffelform besitzt. Die Stelle der Membran des Haarendes (Kopfteil), an der die Abscheidung von Flüssigkeit und die Verschleimung vor sich geht, ist auffallend dünner als die Wand des Bauchteils, die öfters schwach gebräunt erschien. Das Extrem dieser Ausbildungsweise, die mit der Funktion des Haares zusammenhängt, habe ich schon früher bei den Cystiden von *Peniophora glebulosa* (Fr.) Sacc. et Syd. beobachtet[2]).

1) a. a. O. S. 459, Fig. 2 und 3.
2) a. a. O. 486, Fig. 69.

Die Hydathoden der Hymeniallamellen von *Panaeolus helvolus* (Schaeff.) Bres. zeigen einen ähnlichen Bau. Die Haare stehen hier in kleinen Gruppen locker angeordnet (Fig. 4). Ihre Länge ist etwas geringer als die der Haare des Fruchtkörperstiels, sie erscheinen deshalb etwas gedrungener. Einen Unterschied in der Membrandicke einzelner Teile habe ich hier nicht beobachtet; eine Verdickung der Wand des Bauchteils kommt hier nicht zustande (Fig. 5). Auch an der Lamellenscheide bilden sich durch seitliches Ineinanderfließen benachbarter Tropfen größere, oft von zahlreichen Haaren getragene Flüssigkeitsanhäufungen.

An dem Fruchtkörper, dessen Hydathoden in den Figuren 3, 4 und 5 wiedergegeben sind, waren die Haare des Fruchtkörperstiels 50 bis 80 μ lang; die Dicke des Kopfteils betrug etwa 10 bis 15 μ. Die Hydathoden der Lamellenscheide waren dagegen nur 35 bis 50 μ lang, der Durchmesser des Kopfteils maß 8 bis 10 μ. Doch kommen auch wesentlich kleinere Dimensionen bei den Haaren des Fruchtkörperstiels vor.

Bei den jungen Fruchtkörpern bestimmter Agaricaceen-Arten erfolgt die Abscheidung von Flüssigkeit nicht nur nach außen an der Oberfläche des Fruchtkörpers durch Vermittlung lebender Haare, sondern auch nach innen in die zwischen den Hyphen des Fruchtkörperstiels vorhandenen, meist lang spaltenförmigen Zwischenräume; darauf weist schon der Umstand hin, daß man in diesen Interzellularen häufig Ablagerungen von Kalziumoxalat findet. Dies gilt auch für den Markraum, jene meist langgestreckte Höhlung die viele Fruchtkörperstiele von einem bestimmten Ausbildungsstadium an der Länge nach durchzieht. Dieser Markraum entsteht z. B. bei den *Coprinus*-Arten ziemlich frühzeitig durch das Auseinanderweichen der Markhyphen, das wieder durch bestimmte Wachstumsvorgänge in den Rindenhyphen verursacht wird. Wenn man einen solchen Fruchtkörper, etwa von *C. radiatus* (Bolt.) Fr., in dem Entwicklungsstadium, das der raschen Stielstreckung unmittelbar vorausgeht, vom Substrat nimmt und der Länge nach vorsichtig spaltet, so wird man finden, daß der ganze Markraum — vorausgesetzt, daß der Fruchtkörper auf genügend feuchtem Substrat sich befand und von feuchter Luft umgeben war — von Flüssigkeit erfüllt ist. Es muß angenommen werden, daß von den Markhyphen, die wir als die Leitungshyphen aufzufassen haben, die Flüssigkeit in den Markraum abgegeben wird. Wenn das Stadium der raschen Stielstreckung vorüber ist und die Sporenaussaat beginnt, ist diese Flüssigkeit des Markraums fast oder ganz verschwunden, also aufgebraucht worden. Durch ein ein-

faches Experiment kann man sich davon überzeugen, daß z. B. der Fruchtkörper von *Coprinus radiatus* (Bolt.) Fr. für die Ausführung der in der Nacht vor der Sporenaussaat vorsichgehenden enormen Stielstreckung keine Wasserzufuhr von außen benötigt, daß also das im Fruchtkörper gespeicherte Wasser für die Vergrößerung der Zellsafträume hinreicht. Man braucht hiezu nur am Abend vor der Sporenaussaat — man erkennt diesen Zeitpunkt an dem plötzlichen Dunkelwerden der durch das Hutgewebe hindurchschimmernden heranreifenden Sporenmassen — einige Fruchtkörper vom feuchten Substrat (Pferdemist) zu nehmen und über Nacht in feuchter Luft vertikal aufzustellen; am nächsten Morgen zeigen diese Fruchtkörper eine gleich starke Längenzunahme wie die auf dem Substrat belassenen Fruchtkörper des gleichen Entwicklungsstadiums. Wenn auch bei den Versuchen in konstant feuchter Luft diese Speicherung des Wassers im Markraum weniger in Betracht kommt, indem oft nur ein Teil des Wassers aufgebraucht wird, so wird sie doch bei Fruchtkörpern, die im Freien heranwachsen, im Wasserhaushalt eine bedeutende Rolle spielen.

Die Speicherung des Wassers im Markraum sah ich besonders schön an jungen, noch licht gefärbten Fruchtkörpern von *Psathyrella disseminata* (Pers.) Quél. Die jungen Fruchtkörper, die in einem sehr feuchten Warmhause des Grazer botanischen Gartens auf Holz und Rindenstücken sich ausbildeten, besaßen vor der Sporenaussaat stark durchscheinende Stiele. Wenn ich solche Fruchtkörper vorsichtig mit einem Stückchen Substrat in trockene Luft trug, und die Stiele nach einiger Zeit mit einer feinen Nadel seitlich anstach, so drang an der Stichwunde sofort eine Luftblase ein, die die Flüssigkeit des Markraumes ganz gegen die Enden des Fruchtkörperstiels zurückdrängte; die Stiele zeigten dann ein mehr milchweißes Aussehen und geringere Transparenz. Dieser Versuch zeigt, daß bei dieser Art (und sicher auch bei vielen anderen) die äußersten Rindenhyphen einen lückenlosen Verband bilden. Wird die Stielwandung nach genügender Transpiration an einer Stelle durchbohrt, so dringt hier sofort Luft ein, weil die vorhandene Gewebespannung den Markraum zu erweitern sucht, wenn durch die Verdunstung eine Verminderung der im Markraume gespeicherten Flüssigkeitsmenge zustandekommt. Wenn auch bei der genannten Art unter den erwähnten Umständen der Markraum stets von Flüssigkeit erfüllt ist, so dringt doch, wie meine Untersuchungen ergaben, niemals Flüssigkeit zwischen den Rindenhyphen aus dem Fruchtkörperstiele nach außen hervor; doch tragen die Enden der an

diesen Fruchtkörpern reichlich vorhandenen Trichomhydathoden in diesen Fällen stets große Tropfen ausgeschiedener Flüssigkeit. Man kann daher annehmen, daß infolge des lückenlosen seitlichen Zusammenschlusses der peripheren Rindenhyphen des Stiels ein Überschuß an aufgenommenem Wasser durch die Vermittlung der Trichomhydathoden wieder aktiv aus dem Fruchtkörper entfernt wird.

Als zweites Beispiel für das Auftreten von Flüssigkeitstropfen am Stiele der Agaricaceen-Fruchtkörper will ich hier *Coprinus lagopus* Fr. (sensu Quél.) anführen. Wenn die Frucht-

Fig. 6. *Coprinus lagopus* Fr. Photographische Wiedergabe des oberen Teiles eines Fruchtkörpers mit drei am Stiele haftenden großen Exkrettropfen. (Vgr. ca. 3.)

körper dieser Art hinreichend Feuchtigkeit im Substrat (Pferdemist) zugeführt bekommen und dabei die umgebende Luft genügend feucht gehalten wird, so treten an dem Fruchtkörperstiel vor dem Eintritt der raschen Stielstreckung stets einige wenige Flüssigkeitstropfen (siehe Fig. 6) auf. Der Durchmesser dieser Tropfen kann das Ausmaß des Stieldurchmessers erreichen. Die ausgeschiedene Flüssigkeit ist vollständig klar, farblos oder (selten) etwas gelblich. Auf Glas gebracht zeigt ein solcher Tropfen kurz vor dem Vertrocknen eine schleimige Beschaffenheit, die sich besonders am Rande des Tropfens bemerkbar macht. Im mittleren Teil eines solchen eingetrockneten Tropfens sieht man häufig

Kristalle, die sich vielfach zu gitterförmigen Gebilden vereinigen. Die chemische Untersuchung der Flüssigkeit ergab das Vorhandensein von Oxalsäure, durch die spektroskopische Prüfung der Tropfen ließ sich deutlich Kalium nachweisen; es dürften demnach die erwähnten Kristalle einem Kaliumsalze der Oxalsäure angehören, da auch sonst bei Pilzen die Ausscheidung von Kaliumoxalat nachgewiesen wurde[1]). Das Vorhandensein von Schleim zeigt sich manchmal auch darin, daß ein größerer Tropfen beim Verdunsten des in ihm enthaltenen Wassers eine deutlich faltige Haut bekommt, wenn man den Fruchtkörper mit dem Tropfen in trockene Luft bringt. Dies erinnert an das Verhalten der Flüssigkeit, die von den Hydathoden des *Coprinus ephemerus* Fr. abgeschieden wird[2]).

Die jungen Fruchtkörper von *Coprinus lagopus* Fr. sind von einer dichten, faserigen Volva bedeckt, deren Bau bereits von BREFELD untersucht und abgebildet worden ist[3]). Die beschriebenen Flüssigkeitstropfen werden nun nicht etwa von den haarförmigen Elementen der Volva abgeschieden, sondern sie treten immer zwischen diesen auf und haften immer direkt an der Oberfläche der äußersten Rindenhyphen des Fruchtkörperstiels. Die Volvaelemente legen sich häufig in ihren unteren Teilen diesen Tropfen seitlich an. Sicher geben die Volvaelemente als lebende, dünnwandige Zellen durch Transpiration viel Wasser ab, doch habe ich an ihnen niemals die Bildung von Tropfen beobachtet. Würde die Flüssigkeit von den Volvaelementen abgeschieden, so wäre auch nicht einzusehen, warum diese Wasserabgabe nur an so wenigen Stellen (oft nur einer Stelle, manchmal an zwei oder drei, selten wenig mehr Stellen) des Fruchtkörperstiels erfolgen sollte, während doch an Fruchtkörpern mit wasserabgebenden Haaren die Flüssigkeitsabgabe gleichmäßig an allen Enden der in großer Anzahl vorhandenen Haare erfolgt. Aus denselben Gründen ist auch nicht an eine Abgabe aus bestimmten Teilen der äußersten Rindenhyphen zu denken. So bleibt nur die Annahme übrig, daß die Flüssigkeit durch irgendwelche Spalten zwischen den Zellen des noch unentwickelten Fruchtkörpers an die Oberfläche gelangt.

In diesem Entwicklungsstadium ist der Markraum der Fruchtkörper stets gänzlich von Flüssigkeit erfüllt. Denn

---

1) Vgl. ZELLNER, Chemie der höheren Pilze, Leipzig 1907, S. 47.

2) Siehe KNOLL, a. a. O. S. 467, Fig. 21—24.

3) BREFELD, Botanische Untersuchungen über Schimmelpilze III. Leipzig 1877, S. 104 ff., Taf. VI, Fig. 1 und Taf. VII, Fig. 4.

auch bei *C. lagopus* Fr. bilden die Interzellularen der Stielrinde und der Markraum ein Reservoir für Wasser. Auch die Fruchtkörperstiele dieser Art strecken sich noch normal in die Länge, wenn man sie am Abend vor der starken Stielstreckung, also am Abend vor der Sporenaussaat, vom feuchten Substrat nimmt und in senkrechter Stellung ohne künstliche Wasserzuführ in feuchter Luft aufstellt. Diese Streckung tritt in feuchter Luft auch dann ein, wenn man vorher aus dem Markraum des vom Substrat genommenen Fruchtkörpers in geeigneter Weise die gespeicherte Flüssigkeit entfernt. Dies gelingt am einfachsten dadurch, daß man die Stielbasis abschneidet und vom Hutscheitel her in der Richtung der Fruchtkörperachse eine Glaskapillare einführt, worauf man die Flüssigkeit des Markraums durch Ausblasen entfernen kann. Dieser Versuch zeigt, daß bei unterdrückter Transpiration schon das in den Zellzwischenräumen vorhandene Wasser für die Ausführung der unmittelbar von der Sporenaussat eintretenden enormen Stielstreckung genügt. Bei Fruchtkörpern, die im Freien heranwachsen, wird dagegen die Flüssigkeit des Markraums bei plötzlich eintretender Transpirationssteigerung für die augenblickliche Deckung der Wasserverluste im Zeitraume kurz vor der Sporenaussaat sehr in Betracht kommen können.

Es wird also bei den erwähnten Fruchtkörpern das zugeleitete Wasser, das nicht weiter verwendet wird, bei verhinderter Transpiration in flüssiger Form aus den Fruchtkörperhyphen abgegeben. Ein Teil dieses Wassers wird in den Interzellularen und im Markraum aufgespeichert und nach Bedarf besonders bei der Streckung des Fruchtkörperstiels und beim Aufspannen des Hutes verbraucht. Bei unterdrückter Transpiration wird ein Überschuß des im Innern des Fruchtkörpers gespeicherten Wassers wieder in flüssiger Form an der Oberfläche des Fruchtkörpers ausgeschieden.

5. Karl Müller: Die Vegetation des Schwarzwaldes.

(Vortrag, gehalten gelegentlich der Generalversammlung der Deutschen Botanischen Gesellschaft in Freiburg i. Br. am 28. Mai 1912[1]).

(Mit Tafel (I) und 7 Abb. im Text.)
(Eingegangen am 17. Juli 1912.)

Der Schwarzwald stellt ein von Süden nach Norden verlaufendes Gebirge dar, das nach Süden und Westen steil gegen das Rheintal abfällt, nach Osten sich allmählich in das schwäbisch-fränkische Kalkplateau abdacht und nach Norden durch das Pfinztal zwischen Karlsruhe und Pforzheim begrenzt wird.

Das Gebirge besteht fast ausschließlich aus Gneis und Granit, dem im nördlichen Teil eine nach Norden immer mächtiger werdende Buntsandsteindecke aufgelagert ist. Daneben treffen wir an dem westlichen Steilabsturze noch Schollen aus Kalk und Sandstein[2]), die bei der Senkung des Rheintales resp. der Hebung von Schwarzwald und Vogesen an der Bruchlinie liegen blieben. Östlich geht das Gebiet des Urgesteins allmählich in den Buntsandstein über, dem noch weiter östlich der Muschelkalk folgt. Die Grenzlinie zwischen Buntsandstein und Muschelkalk bildet zugleich die pflanzengeographische Ostgrenze des Schwarzwaldes.

Durch ein tiefes Quertal, das Kinzigtal, zerfällt das Gebirge in zwei Hälften, die nördlich gelegene heißt nördlicher Schwarzwald, die südliche wird durch das Höllen- und Dreisamtal nochmals geteilt in südlichen Schwarzwald (südlich vom Höllental) und mittleren Schwarzwald (zwischen Höllental und Kinzigtal). Der südliche und mittlere Schwarzwald einerseits und der nördliche andererseits zeigen auch geologisch und botanisch Abweichungen.

---

1) Der Vortrag wurde durch 40 Lichtbilder erläutert. Ein Teil der Aufnahmen ist in den „Vegetationsbildern" von KARSTEN und SCHENCK IX. Reihe, Heft 6—7 reproduziert.

2) Die Vegetation der Kalkschollen ist von der des eigentlichen Schwarzwaldes weit verschieden und soll darum hier nicht näher behandelt werden.

Der südliche und mittlere Gebirgsteil baut sich in der Hauptsache aus einem mächtigen Urgesteinkerne auf und hat Erhebungen über 1200—1500 m; der nördliche Schwarzwald besteht entweder ganz oder doch in den oberen Lagen aus Buntsandstein und erhebt sich im Maximum bis 1164 m; im Durchschnitt sind die Bergkuppen aber nur 800—1000 m hoch. Während sich auf den nährstoffreichen Urgesteinböden eine reiche Vegetation entfalten kann, zeichnet sich der nördliche Schwarzwald, infolge des nährstoffarmen Buntsandsteins, durch Artenarmut und darum große Einförmigkeit der Vegetation aus.

Die Lage des Schwarzwaldes, im Herzen Europas, ermöglichte einer Anzahl von Pflanzen, die sonst der alpinen, nordischen, südlich-pontischen und atlantischen Flora angehören, sich seit den großen Pflanzenwanderungen hier festzusetzen, wodurch ein abwechselungsreiches Vegetationsbild entsteht.

Eine reichhaltige alpine Flora finden wir vor allem im südlichen Schwarzwald in den Gebieten, die einst von Gletschern bedeckt waren. Der nördliche Schwarzwald, der keine ausgedehnte Vereisung aufzuweisen hatte, besitzt nur wenige alpine Arten. Durch die Verbreitungsstatistik, welche MEIGEN[1]) für charakteristische Erscheinungen der badischen Phanerogamen-Flora ausgearbeitet hat, ergibt sich folgendes Verhältnis:

	alpine Arten:	subalpine Arten:	zusammen:
Südlicher Schwarzwald:	25	21	46
Mittlerer Schwarzwald:	7	12	19
Nördlicher Schwarzwald:	3	7	10

An nordischen Vertretern ist die Schwarzwaldflora arm. *Ledum palustre*, *Woodsia hyperborea*, *Mnium cinclidioides* und *Splachnum ampullaceum* wären z. B. zu nennen. Wie es scheint, sind manche nordische Vertreter hier im Verschwinden begriffen.

Sehr spärlich sind auch pontische und südeuropäische Arten vertreten, was um so mehr auffällt, als der östlich gelegene Schwäbische Jura, sowie das Hegau-Gebiet, ebenso wie der westlich vom Schwarzwald gelegene Kaiserstuhl eine reichhaltige pontische Flora aufzuweisen haben, die für diese Gebiete geradezu charakteristisch ist. Im Schwarzwald gehören *Carlina acaulis*

1) EICHLER, GRADMANN, MEIGEN, Ergebnisse der pflanzengeographischen Durchforschung von Württemberg, Baden und Hohenzollern. Heft 1—4, Stuttgart 1905—1909.

und *Vincetoxicum officinale* zu den häufigsten pontischen Eindringlingen.

Auffallend reich ist dagegen die atlantische Gruppe an der Vegetation des Schwarzwaldes beteiligt, nicht nur der Artenzahl — wir kennen über 20 pontische Phanerogamen —, sondern auch ganz besonders der Individuenzahl nach. Es wird das verständlich, wenn wir das Klima im Schwarzwald ins Auge fassen. Weite Gebiete haben mehr als 1400 mm jährliche Niederschlagsmenge und im südlichen und nördlichen Gebirgsteile steigen die Durchschnittsbeträge bis 1800 mm, sie erreichen also Beträge, wie sie in Mitteleuropa höchstens noch im Alpenzuge vorkommen. Ferner ist die Lufttemperatur durchschnittlich mehrere Grade wärmer als für die Breitengrade, in denen der Schwarzwald liegt, erwartet werden darf. Das Klima des Schwarzwaldes hat also einen ausgeprägten ozeanischen Charakter, wodurch sich das Auftreten zahlreicher atlantischer Elemente in der Flora genügend erklärt.

Nach dieser kurzen Orientierung über die Florenbestandteile des Schwarzwaldes sei im folgenden die Vegetation der einzelnen Regionen geschildert, die verhältnismäßig scharf gegeneinander abgegrenzt sind, besonders wenn man von Westen her in den Schwarzwald hinaufsteigt. Wir unterscheiden: die Region des Weinstocks bis 400 m, darüber die Bergregion bis etwa 1200 m und oberhalb der Bergregion die subalpine Zone.

Die **Region des Weinstockes** umfaßt das Kulturland, das sich am West- und Südabhang des Gebirgszuges hinzieht und vor allem durch die Weinberge charakterisiert wird, die z. T. vorzügliche Weine hervorbringen. Außer als Kulturrebe kommt der Weinstock auch wild in den Wäldern am Fuße des Gebirges vor, jetzt allerdings nur noch selten. Daneben schmücken Kirschen- und Zwetschgenanpflanzungen diesen Kulturstreifen, ebenfalls durch die von ihnen gewonnenen Erzeugnisse (Schwarzwälder Kirschwasser, Bühler Frühzwetschge) weithin bekannt. Auch andere Obstbäume spielen in den Vorbergen eine große Rolle. Die ursprünglich angepflanzte Edelkastanie (*Castanea vesca*) hat sich infolge der günstigen klimatischen Bedingungen besonders in den Tälern am Westabhang des Gebirges weit verbreitet und bildet manchmal kleine Wälder häufig in Gesellschaft von Buchen und Eichen. Im Juni und Juli fallen die durch Blütenreichtum lichtgrünen Kronen der Edelkastanie von weitem auf und liefern dann einen einzigartigen Landschaftschmuck.

Eine für den Schwarzwald fremdartige Erscheinung sind die Buchsbestände (*Buxus sempervirens*), die in den Wäldern am Südwestabsturze des Schwarzwaldes bei Basel vorkommen. Hier tritt der Buchs auf Kalkboden als Charakterpflanze der Laubwälder auf und entwickelt sich an Stellen, wo er nicht ständig abgehauen wird, zu über mannshohen Gebüschen. Nirgends in ganz Baden und auch sonst kaum in Deutschland trifft man diese atlantische Pflanze in solchen Massen an, wie hier. Im benachbarten Schweizer Jura ist der Buchs ebenfalls häufig.

Auch der Efeu (*Hedera helix*) ist in der Weinstockregion, wie in der unteren Bergregion reich vertreten und überzieht bald weite Felswände oder klettert hoch an den Bäumen empor.

In der **Bergregion** liegt der eigentliche Schwarzwald, von dem über die Hälfte der gesamten Fläche heute noch mit Wald bedeckt ist, vor allem mit dunklen Tannenbeständen, nach denen das Gebirge seinen Namen trägt. Bis zu einer Höhe von etwa 800 m tritt die Weißtanne als vorherrschender Waldbaum am ganzen Westabhang auf, oberhalb dieser Höhe wird sie spärlicher und erreicht dann bei etwa 1100 m die obere Grenze ihrer Verbreitung.

Neben der Tanne ist die Buche eine häufige Erscheinung der Bergregion. Gewöhnlich wächst sie mit der Tanne zusammen, an einzelnen Stellen hat sie diese verdrängt, vor allem im südwestlichen Teil des Schwarzwaldes, wo die Buche bis zu den höchsten Erhebungen emporsteigt. An windgeschützten Stellen, auf Weidfeldern wächst sie noch zu stattlichen Exemplaren heran, während sie auf den Gebirgskämmen, wie z. B. auf dem Schauinsland (bei 1250 m), sturmgepeitschte Gestalten annimmt.

Die Fichte ist in der unteren Bergregion ebenfalls schon vorhanden, im oberen Teil der Bergregion übertrifft sie an Häufigkeit die anderen Baumarten und wird auf der Ostabdachung des Schwarzwaldes — im nördlichsten Teil trifft das nicht mehr zu — alleiniger Waldbaum.

Weniger häufig sind Kiefernwälder, die von der Rheinebene bis in die Bergregion vorkommen, besonders auf Buntsandstein. Im mittleren und nördlichen Schwarzwald hat die Eiche in Form von Schälwaldungen noch größere Verbreitung, während sie sonst durch andere Baumarten stark zurückgedrängt wurde.

In geschichtlicher Zeit trat eine erhebliche Umgestaltung des ehemaligen Waldbildes ein, teils durch Abholzen und Roden, um landwirtschaftliche Anbauflächen zu erhalten oder zur Holzgewinnung für Glashütten- und Bergwerksbetriebe, teils durch die natürliche Ausbreitung mancher Bäume auf Gebiete, die sie früher nicht innehatten oder durch die Art der Bewirtschaftung der Wälder. Manche Baumarten, wie die Eibe (*Taxus baccata*), sind hierbei stark zurückgegangen und finden sich jetzt nur noch an vereinzelten Stellen in reichlicheren Beständen, wie z. B. im Höllental und am Südabhang des Schwarzwaldes.

Eine typische Begleitpflanze der Tannenwälder oder der aus Laub- und Nadelholz gemischten Wälder am Süd- und Westabhange des Schwarzwaldes ist die Stechpalme (*Ilex aquifolium*), die gewöhnlich als Unterholz auftritt und im südlichen Schwarzwald bis 1000 m, im nördlichen sogar bis 1100 m emporsteigt. Wo das Gebirge einen ausgesprochenen Hauptkamm besitzt, kommt der Strauch nahezu ausschließlich auf dem Westabsturz vor[1]), offenbar deshalb weil sich der Ostabhang durch stärkere Winterkälte auszeichnet als der Westabsturz. Der frostempfindliche Strauch kann sich dann hier nicht mehr halten. Die Grenze des Verbreitungsareals der Stechpalme geht über den Schwarzwald und läuft dann nach Osten nördlich vom Bodensee. Obwohl sich die Pflanze im Schwarzwald an der Grenze ihrer Verbreitung befindet, tritt sie hier doch nicht, wie man vermuten könnte, spärlich auf oder nur in niederen Gestrüppen. Vielfach kommen stattliche Stechpalmenbüsche in der Bergregion vor. Bei St. Märgen ist sogar in einer Höhe von 900 m ein kleiner Wald von Stechpalmen bekannt, der aus 8—9 m hohen und bis 30 cm im Durchmesser messenden Bäumen gebildet wird. Nach außen gleicht dieser Wald einer dichten Dornhecke.

Auf waldfreien Plätzen haben sich noch mehrere andere atlantische Arten in großer Menge angesiedelt, z. B. der gemeine Besenginster (*Sarothamnus scoparius*), der besonders im Mai auffällt, wenn er ganze Hänge durch seine Blütenpracht gelb erscheinen läßt, der rote Fingerhut (*Digitalis purpurea*), der in auffallender Üppigkeit oft weite Flächen, besonders auf Buntsandstein im nördlichen Schwarzwald ziert (Tafel (I) Abb. 1), im südlichen mehr auf den Westabhang beschränkt ist hier aber aus bis-

1) Dies trifft vor allem im südlichen Schwarzwald zu.

her nicht genügend erforschten Gründen streckenweise auch fehlt[1]). Häufig wachsen in seiner Gesellschaft zwei ebenfalls atlantische Arten: *Galium saxatile* und *Centaurea nigra*. Zwischen Gebüschen an Waldrändern schlingt sich *Lonicera periclymenum* empor.

Charakteristisch für den Schwarzwald sind die schon erwähnten großen Niederschlagsmengen und der damit im Zusammenhang stehende außerordentliche Wasserreichtum, der selbst in heißen Sommern nur wenige Bäche versiegen läßt. Infolgedessen findet man in allen Waldschluchten eine üppige KRAUTVEGETATION und zwar beteiligen sich hieran der schon im zeitigen Frühjahre blühende *Petasites albus* und später *Prenanthes purpurea*, stellenweise *Lunaria rediviva*, *Polygonatum verticillatum* und der prachtvolle *Aruncus silvester* (Tafel (I) Abb. 2), *Circaea alpina* u. a. Überaus üppig entwickeln sich in der feuchten Atmosphäre auch Moose und Flechten, sowie Farnkräuter, die bis $1^1/_2$ m hohe oft schwer durchdringbare Vegetationen bilden. Die hauptsächlichsten in großer Menge und in buntem Gemisch auftretenden Farne sind im unteren Teil der Bergregion *Aspidium filix mas*, *A. dilatatum* und *Athyrium filix femina*. Im oberen Teil der Bergregion verschwindet *Asp. filix mas* und wird durch das ähnliche *A. montanum* ersetzt; ferner treten dazu das subalpine *Athyrium alpestre* und *Blechnum spicant*. Seltener findet man *Aspidium lobatum*; *Asp. Braunii* ist auf wenige Stellen beschränkt.

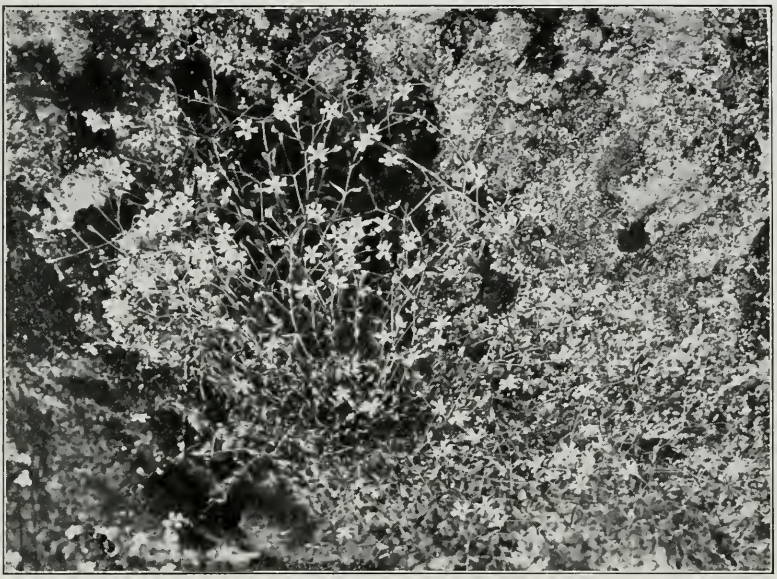
Verschiedene Schachtelhalme, vor allem *Equisetum silvaticum* und Bärlappe sind der Bergregion eigen. *Lycopodium annotinum* findet sich durch den ganzen Schwarzwald, ist aber als charakteristische Pflanze der Buntsandsteinhöhen erwähnenswert.

Die Flora der WIESEN UND MATTEN hat nur in dem oberen Teil der Bergregion neben verbreiteten Wiesengräsern einige charakteristische Erscheinungen, wie *Polygonum bistorta*, *Trollius europaeus*, *Geranium silvaticum* und längs der Wassergräben oft in großer Menge *Ranunculus aconitifolius*. Seltene Wiesenpflanzen sind *Narcissus poëticus*, *Imperatoria ostruthium* und der alpine *Orchis globosus*. Nur an einer Stelle wurde in letzter Zeit die ebenfalls alpine *Gentiana acaulis* gefunden.

---

1) Neuerdings stellte BURMANN (Schweiz. Wochenschrift für Chemie und Pharmazie 1911 S. 562) in *Digitalis purpurea* das Vorkommen von Mangan fest und führt das Fehlen des roten Fingerhutes in einzelnen Gegenden der Schweiz auf den Mangel an Mangan zurück. Inwieweit diese Auffassung richtig ist, müssen weitere Untersuchungen lehren.

Außerhalb des Waldes ist die FELSENVEGETATION aus zahlreichen Arten zusammengesetzt, von denen die meisten allerdings, obwohl sie in der oberen Bergregion auftreten, schon als subalpine Typen aufzufassen sind und deshalb auch vor allem in dem an subalpinen Arten reichen südlichen Schwarzwald vorkommen. *Saxifraga Aizoon* und *Primula auricula* trifft man mehrfach, aber nur, ebenso wie *Silene rupestris* im südlichen Schwarzwald. Hier ist die letztgenannte Pflanze eine überaus typische und häufige Felsbewohnerin (Abb. 1). Die Felsenbirne (*Amelanchier vulgaris*)



Phot. K. Müller.

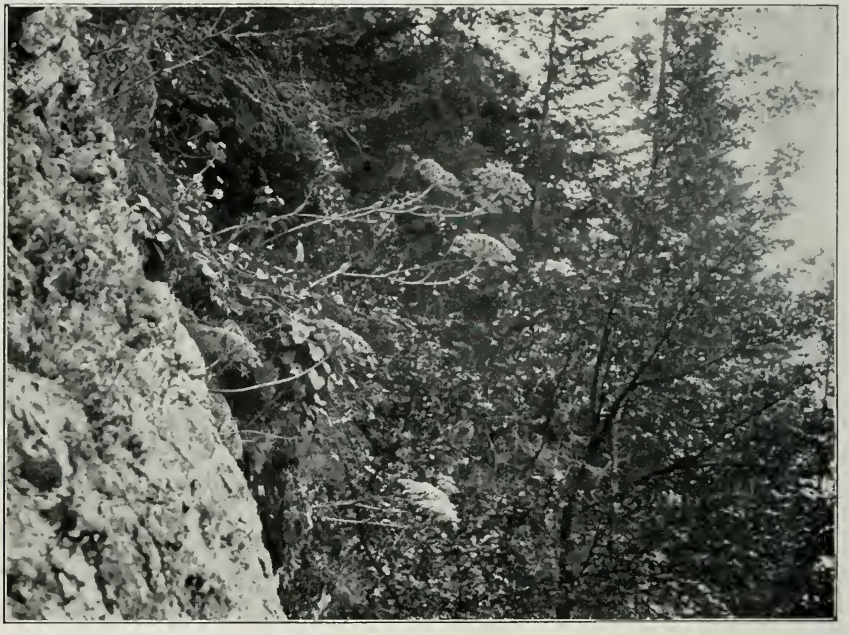
Abb. 1. *Silene rupestris* aus dem südlichen Schwarzwald.

ist an Felsen und auf Felsgeröll im ganzen Schwarzwald zu finden und steigt mitunter auch tief herab.

Eine merkwürdige Vegetationsgruppe kalkholder Pflanzen findet sich an den Felswänden rings um den Feldsee. Neben dem pontischen *Laserpitium latifolium* (Abb. 2), das im Schwarzwald einzig und allein hier auftritt, wachsen da *Campanula pusilla*, *Aster bellidiastrum*, *Saxifraga Aizoon*, *Asplenium viride*, *Carduus defloratus* und von Moosen z. B. *Orthothecium intricatum*, *Lejeunea calcarea*, *Scapania aequiloba*, *Preissia commutata* u. a.

Alle diese Pflanzen kommen im Schwarzwald entweder überhaupt nicht mehr oder nur noch an ganz wenigen Stellen vor,

sind aber in der schwäbischen Alp verbreitet. Man nimmt darum an, daß sie nach dem Rückgang des Bärentalgletschers durch das alte Donautal bis mitten in den Schwarzwald eingewandert seien. Eine ähnliche Stelle findet sich noch im Höllental am Hirschsprung. Außer den genannten Moosen tritt hier noch *Orthothecium rufescens* und *Moerckia hibernica* hinzu, die beide im ganzen Schwarzwald nur am Hirschsprung gefunden werden. Wie diese Kalkpflanzen hierher mitten in das Urgesteingebirge gelangt sind und



Phot. K. Müller.

Abb. 2. *Laserpitium latifolium* an Gneisfelsen an der Seewand am Feldsee.

warum sie sich gerade nur da erhalten konnten, ist ein vorderhand noch ungelöstes Rätsel.

Die auf der Ostabdachung des Schwarzwaldes gelegenen SEEN bieten, soweit sie dem nördlichen Schwarzwald angehören, botanisch nicht viel Bemerkenswertes. Dagegen sind die größten Seen des südlichen Schwarzwaldes, der Feldsee, Titisee und Schluchsee durch einige floristische Eigentümlichkeiten ausgezeichnet wie: *Sparganium affine*, *Nuphar pumilum*, *N. luteum*, *Myriophyllum alterniflorum*, sowie vor allem durch *Isoëtes echinospora* (Abb. 3) und *I. lacustris*.

Die erstgenannte *Isoëtes*-Art wächst gewöhnlich am oberen Ende und *I. lacustris* am Ausfluß der Seen. Beide ragen nur bei ausnahmsweise niederem Wasserstande über das Wasser heraus. Auf torfigem Boden am Ufer der Seen an Stellen, die bei hohem Wasserstande überschwemmt sind, findet man in der Regel ein sonst seltenes Lebermoos: *Fossombronia Dumortieri*.

Unschwer lassen sich an die Schwarzwaldseen die HOCHMOORE anschließen, die man in der oberen Bergregion des ganzen

Phot. K. Müller.

Abb. 3. *Isoëtes echinospora* im Feldsee.

Gebirgszuges antrifft, gewöhnlich allerdings nur in geringer Ausdehnung. Nach ihrer Entstehung und nach ihrer Lage kann man zwischen Muldenmooren und Plateaumooren unterscheiden. Die ersten sind im südlichen Schwarzwald verbreitet, wo sie sich im Anschluß an die ehemaligen Vereisungen gebildet haben, während die auf den fast horizontal gelagerten Buntsandsteinrücken des nördlichen Schwarzwaldes sich weithin ausdehnenden Plateaumoore aus einer viel späteren Zeit stammen.

Neben verbreiteten Hochmoorpflanzen, vor allem verschiedenen *Sphagnum*-Arten, trifft man *Andromeda polifolia*, *Scheuchzeria palu-*

stris, Eriophorum vaginatum, Scirpus caespitosus, Carex pauciflora sowie die in ganz Mitteleuropa verbreiteten Vaccinien. Auch dreierlei Sonnentau-Arten leben auf den Mooren des Schwarzwaldes: *Drosera rotundifolia*, seltener *D. longifolia* und nur auf wenigen Mooren *D. intermedia*.

Einige Hochmoorpflanzen finden sich entsprechend ihrer Abstammung von der alpinen oder nordischen Flora nur auf den Mooren des südlichen oder nur auf den Mooren des nördlichen Schwarzwaldes. Zu den erstgenannten ist *Eriophorum alpinum* zu rechnen, das nordwärts bis zum mittleren Schwarzwald vorgeht und *Lycopodium inundatum*, mit einer größeren Verbreitung im südlichen Teile des Gebirgszuges als im nördlichen.

Umgekehrt sind nur den Mooren des nördlichen Schwarzwaldes eigen zwei nordische Pflanzen: der Sumpfporst (*Ledum palustre*), der bis vor kurzem bei Kaltenbronn wuchs und neuerdings durch Nachpflanzung an seinem ursprünglichen Standort erhalten werden soll, sowie die Krähenbeere (*Empetrum nigrum*), eine auf den genannten Mooren typische Pflanze, die dagegen im südlichen Schwarzwald nur in der subalpinen Region am Nordabsturze der höchsten Gipfel als Seltenheit auftritt.

Unter der Baumvegetation der Hochmoore spielt die Bergkiefer (*Pinus montana*) eine wesentliche Rolle, denn sie bedeckt die Moorflächen z. T. vollständig. Viel spärlicher sind Kiefer (*P. silvestris*), Birke (*Betula verrucosa* und *pubescens*) und Fichte vorhanden. Alle diese Baumarten können aber nicht so weit in die Moore vordringen wie die Bergkiefer, die auf den tiefsten Moorgründen, wohin der Fuß nicht mehr folgen kann, im Gegensatz zu den übrigen Baumarten noch in überraschender Üppigkeit gedeiht. Die Ursache hierfür ist in einer reichen Mykorrhiza-Entwickelung zu suchen, mittels derer der Baum entweder Nährsalze in erhöhtem Maße aus dem Substrat beziehen oder nach anderer Ansicht freien Stickstoff aus der Luft aufnehmen kann. Weitere Untersuchungen müssen diese Verhältnisse noch klarer legen. Die Seitenwurzeln der Bergkiefer sind reich dichotom verzweigt, so daß hexenbesenartige Gebilde entstehen von $^1/_2$—1 cm Durchmesser. In den Rindenzellen dieser Wurzeln findet sich endophytisch ein Pilz vor, und außerdem werden sie von einem dichten Pilzmantel umhüllt. Ältere Mykorrhiza-Wurzeln sind durch die Pilzhyphen häufig zu kompakten Knollen verwebt.

Die Bergkiefer tritt im Schwarzwald fast ausschließlich auf

Mooren auf, nur an einzelnen Ostabstürzen im nördlichen Gebirgsteil geht sie von der Moorfläche auch an die Sandsteinfelsen über.

Man unterscheidet drei hauptsächliche Rassen, die auch als Arten aufgefaßt werden, *Pinus pumilio*, *P. uncinata* und *P. mughus*. Von diesen kommen nur die ersten beiden im Schwarzwald vor,

Phot. K. Müller.

Abb. 4. Baumförmige Bergkiefern (Spirken) im „Roten Meer" bei Altglashütte am Feldberg, Höhe 15—18 Meter.

und zwar sind sie durch Übergangsformen so sehr miteinander verbunden, daß es unmöglich wird, sie nach der Zapfenform stets auseinanderzuhalten. Scharfe Gegensätze liefern dagegen die Bergkiefernbestände der Schwarzwaldmoore, sobald wir sie nach der Wuchsform einteilen. Im südlichen Schwarzwald trifft man an

nassen Stellen die sog. Kuschel, ein kleiner Busch, der sich von Torfmoos nur wenig erhebt, an trockeneren Stellen die aufrechte Form mit einfachem, geradem 10—18 m hohem Stamm. Solche Bäume, Spirken genannt (Abb. 4), gleichen durch ihre lockere, stumpfpyramidenförmige Krone einigermaßen der Weymouthskiefer. Den Mooren des nördlichen Schwarzwaldes geht die für den südlichen mittleren Schwarzwald so sehr charakteristische Spirke vollständig ab. Hier findet sich im Gegensatz dazu die Latsche. Man ver-

Phot. K. Müller.

Abb. 5. Niederliegende Bergkiefer (Latsche) am Hohlohsee bei Kaltenbronn.

steht darunter eine Bergkiefernform, die sich durch zahlreiche, gewöhnlich niederliegende und am Ende aufsteigende Hauptstämme auszeichnet (Abb. 5). Die Latschenbestände stellen mitunter kaum durchdringbare Urwälder dar, weil die Stämme wirr durcheinander und übereinander liegen. Auf den Mooren bei Kaltenbronn ist das z. B. der Fall. Dem ganzen mittleren und südlichen Schwarzwald fehlt die Latsche vollständig. Sie ist also auf die Plateauhochmoore und die unbedeutenden Muldenmoore im Buntsandsteingebiet beschränkt.

Die Wälder der Bergregion gehen oberhalb 1200 m in die **subalpine Region** über und hören dann bei etwa 1400 m ganz auf. Als Waldbaum kommt fast nur noch die Fichte in Betracht, vereinzelt finden sich auch Buchen und Bergahorne. Oberhalb der Waldgrenze liegt ein Gürtel mit vom Sturm und Wetter verkrüppelten Fichten, die häufig nur einseitig entwickelte Kronen besitzen. Auch einige Laubhölzer beteiligen sich an diesem Krüppelwuchs, dagegen fehlt dem Schwarzwald der für die subalpine Region anderer Gebirge charakteristische von *Pinus montana* gebildete Krummholzgürtel.

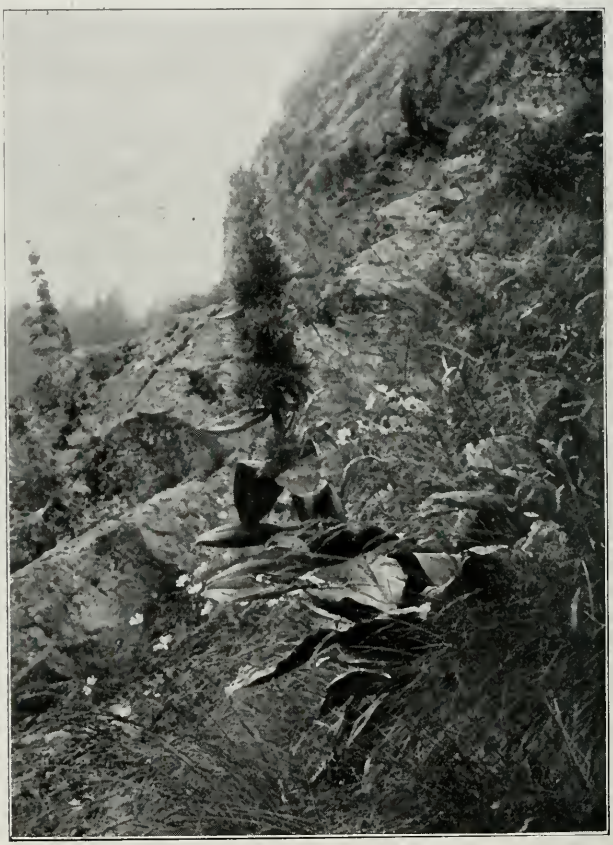
Für den nördlichen Schwarzwald besteht wohl kaum mehr ein Zweifel, daß die wenigen jetzt kahlen Kuppen früher ebenfalls bewaldet waren, ob aber der südliche Schwarzwald von jeher waldfreie Höhen aufgewiesen habe, ist bisher nicht widerspruchslos festgestellt[1]).

Die subalpine Region weist viele charakteristische Arten auf, von denen aber nur die verbreiteteren Erwähnung finden können. Jedem, der etwa Ende Juli oder Anfang August zum erstenmal auf die Schwarzwaldhöhen hinaufsteigt, wird der üppige KRAUTWUCHS in den Wäldern in Erinnerung bleiben. Zwei typische Pflanzen sind an dieser Vegetation beteiligt, der Alpendost *(Adenostyles albifrons)* und die Alpenmilchdistel *(Mulgedium alpinum)*. Während die erstgenannte Pflanze im Schwarzwald weit verbreitet ist und auch tief herabsteigt, beschränkt sich *Mulgedium* mehr auf den südlichen Teil des Gebirges, wo eine ausgedehnte subalpine Region vorhanden ist. Hier bildet die Alpenmilchdistel mitunter Massen-Bestände. Im nördlichen Schwarzwald kennen wir sie nur von wenigen Stellen. Zusammen mit den genannten subalpinen Kräutern wachsen gewöhnlich noch *Senecio Fuchsii*, *Ranunculus aconitifolius*, *Aconitum lycoctonum*, mitunter auch *A. napellus*, der blaue Eisenhut, von dem an Bachufern über 2 m hohe Exemplare vorkommen, *Aruncus silvester* und im Gebiet des Feldberges wohl auch *Centaurea montana* und *Streptopus amplexifolius*. Teilweise mischen sich auch Farnkräuter dazwischen, z. B. das hier verbreitete *Athyrium alpestre*. In Moospolstern versteckt und darum vielfach übersehen, blüht gar nicht selten an schattigen,

1) Neuerdings meint z. B. HAUSRATH (Pflanzengeogr. Wandlungen der Deutschen Landschaft S. 34), es sei nicht unwahrscheinlich, daß früher der Waldwuchs am Feldberg auf der Süd- und Ostseite bis auf den Gipfel gereicht habe.

feuchten Stellen die zierliche *Listera cordata*. An ähnlichen Plätzen wächst sehr vereinzelt auch *Trientalis europaea*.

Eine interessante und artenreiche Vegetation ist den oberhalb der Waldgrenze gelegenen FELSABSTÜRZEN eigen, die gewöhnlich noch einigen Sträuchern und Bäumen Schutz bieten. Am ausge-



Phot. K. Müller.

Abb. 6. *Gentiana lutea* an der Seewand am Feldsee.

prägtesten finden wir eine solche subalpine Felsenflora am Belchen, Herzogenhorn und Feldberg. Hier wachsen z. B. *Alchemilla alpina, Carex frigida. Veronica saxatilis, Campanula latifolia, Hieracium prenanthoides, H. aurantiacum, Crepis blattarioides, Mulgedium Plumieri, Allium victoriale, Sorbus chamaemespilus* u. a. Quellige, kiesige Stellen oder nasse Felsen sind von *Saxifraga stellaris* bewohnt, die auch

im mittleren und nördlichen Schwarzwald, wennschon viel seltener, auftritt. Von Farnen wäre *Aspidium lonchitis* und *Allosorus crispus* zu nennen; von Moosen z. B. *Blindia acuta*, *Grimmia torquata*, *Andreaea Rothii* und *A. Huntii*, *Gymnomitrium concinnatum*, *Lophozia Floerkei* und viele andere.

Oberhalb der Waldgrenze liegen im Südschwarzwald ausgedehnte WEIDFELDER. Neben Futtergräsern und -kräutern treffen wir von verbreiteteren Pflanzen das Borstengras (*Nardus stricta*), *Meum athamanticum* und seltener *M. mutellina*, die beide, ebenso

Phot. K. Müller.

Abb. 7. *Bartschia alpina* auf sumpfigen Wiesen am Feldberg.

wie das Borstengras, vom Vieh nicht gefressen werden, *Arnica montana*, *Gymnadenia albida*, *Lycopodium alpinum*. Für den Feldberg kommt noch *Gnaphalium supinum* und *Homogyne alpina* hinzu. Früher war der gelbe Enzian (*Gentiana lutea*) über die Schwarzwaldhöhen verbreitet, seit aber seinen Wurzeln zur Herstellung des Enzianbitters nachgestellt wird, hat er sich auf wenige Stellen zurückgezogen; am Feldberg gedeiht er in der subalpinen Region noch sehr reichlich. Einige Stöcke finden sich außerhalb der Weidfelder an senkrechten Felsabstürzen, wo sie gegen Ausrottung noch lange geschützt sein werden (Abb. 6).

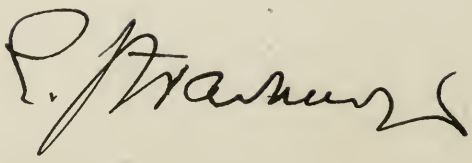
Rings um die Viehhütten, die im südlichen Schwarzwald über der Waldgrenze liegen, vor allem an den Dungstätten und deren Ablaufgräben, finden sich Massenbestände von *Rumex alpinus* und *R. arifolius*. Manchmal wachsen diese Sauerampfer so üppig, daß sie zu einem lästigen Unkraut der Weidefläche werden.

Reich an Seltenheiten sind die SUMPFIGEN MULDEN, aus denen die Bäche ihren Ursprung nehmen. Wir finden da *Bartschia alpina* (Abb. 7) und *Soldanella alpina*, die beide im Schwarzwald nur am Feldberg vorkommen, *Soldanella* sogar hier allein in allen deutschen Mittelgebirgen. Ferner sind hier vertreten *Sweertia perennis*, *Pinguicula vulgaris*, *Viola palustris*, *Eriophorum polystachyum*, *Selaginella selaginoides* und verschiedene charakteristische Moose, wie *Dicranella squarrosa*, *Scapania paludosa*, *Harpanthus Flotowianus* u. a.

Erklärung der Tafel (I).

Abb. 1. *Digitalis purpurea* aus dem Raumünzachtal im nördlichen Schwarzwald. (Phot. K. MÜLLER.)

Abb. 2. *Aruncus silvester* aus dem Höllental im südlichen Schwarzwald. (Phot. K. MÜLLER.)



Nachrufe.

Eduard Strasburger.

Von

G. KARSTEN.

(Mit Bildnis.)[1])

Als am Morgen des 19. Mai 1912 aus dem alten Kurfürstenschloß in Poppelsdorf die Kunde hinausdrang, daß EDUARD STRASBURGER in der Nacht aus diesem Leben abberufen sei, ward es uns allen bewußt, daß wir einen der Großen unter unseren Fachgenossen verloren hatten, dessen Name in seinen Werken fortleben und weiterwirken wird. Schien auch vielleicht in erster Linie die Universität Bonn, speziell die Philosophische Fakultät betroffen, die in STRASBURGER fast den letzten großen Namen aus der Zeit der hervorragenden Bonner Professoren verloren hatte, aus der Zeit wo KEKULÉ, CLAUSIUS, HERTZ, LIPPSCHITZ, JUSTI, BÜCHLER und USENER als Lehrer tätig waren, so ist der Verlust für unsere Wissenschaft doch deshalb so viel schwerer, weil man von STRASBURGER noch eine Reihe gedankenreicher Arbeiten hätte erwarten dürfen, deren Fragestellungen ihn bereits Jahre hindurch beschäftigt hatten, und die ihrer Lösung entgegengingen.

EDUARD STRASBURGER[2]) ward 1844 in Warschau als ältester Sohn des Kaufmannes EDUARD GOTTLIEB STRASBURGER und

1) Das beigegebene Porträt ist auch in PRINGSHEIMs Jahrbüchern, Bd. 51, veröffentlicht. Eine Porträttafel 18 × 25 in weißer Elfenbeinmasse nach einer Bronzetafel des Herrn Prof. KÜPPERS in Bonn ist für 6 M. erhältlich.

2) Die biographischen Mitteilungen verdanke ich teils dem Sohne Herrn Prof. Dr. JULIUS STRASBURGER in Breslau, dem ich hierfür besten Dank sage, teils dem Briefe STRASBURGERs, den CHAMBERLAIN in der Bot. Gaz. veröffentlichte, schließlich auch eigenen Erinnerungen. Vervollständigt sind sie nach den bereits früher erschienenen Nekrologen, soweit sie genauere Daten gaben.

seiner Frau ANNA KAROLINE geb. v. SCHÜTZ geboren. Die Vorfahren beider Eltern waren seinerzeit mit den sächsischen Königen nach Polen gegangen. Drei seiner vier Brüder und eine Schwester überlebten ihn, und seine Mutter, die ihn noch 1909 in Bonn besuchen konnte, starb erst ein Jahr vor ihm selber. Nach Absolvierung des Gymnasiums seiner Vaterstadt studierte STRASBURGER 1862—64 in Paris an der Sorbonne, dann ging er nach Bonn, wo damals HERRMANN SCHACHT wirkte. Die große manuelle Geschicklichkeit, die vor der allgemeinen Anwendung des Mikrotoms eine wesentliche Vorbedingung für erfolgreiches Arbeiten war, hat STRASBURGER von SCHACHT mitgenommen. Gleichzeitig übten die glänzenden Vorlesungen von JULIUS SACHS, der an der Landwirtschaftlichen Akademie Poppelsdorf lehrte, einen mächtigen Einfluß auf seinen empfänglichen Geist aus. Nach SCHACHTs plötzlichem Tode ging SRRASBURGER nach Jena, wo er an dem 10 Jahre älteren N. PRINGSHEIM, der ihn in Bonn gesehen und aufgefordert hatte, sein Assistent zu werden, nach und nach einen Freund gewann. PRINGSHEIMs kritischer Geist dürfte wesentlich auf seine Entwicklung eingewirkt haben und bildete ein wohltätiges Gegengewicht gegenüber der starken Beeinflussung durch ERNST HAECKEL, der STRASBURGER für die DARWINschen Ideen enthusiasmierte. Zum Doktor 1866 promoviert, war STRASBURGER also im wesentlichen an Deutschen Hochschulen zum Botaniker herangebildet. Er kehrte 1868 nach Rußland zurück und habilitierte sich an der Warschauer Universität. Doch ward er bereits 1869, als PRINGSHEIM vom Lehramt zurücktrat und sich als Akademiker in Berlin niederließ, vor allem durch HAECKELs Einfluß nach Jena berufen, zunächst als außerordentlicher Professor und Direktor des Botanischen Institutes. 1871 bereits ward er zum Ordinarius befördert. So hatte STRASBURGER den großen Vorzug, schon mit 25 Jahren eine selbständige Stellung zu gewinnen.

In Jena verheiratete er sich mit ALEXANDRINE WERTHEIM aus Warschau, einer feinsinnigen, besonders musikalisch hochbegabten Frau, die ihm in seiner Arbeit mancherlei wichtige Hilfe geleistet hat und mit ihrem musikalischen Talent einen angeregten geselligen Kreis zu versammeln wußte. Sie schenkte ihm noch in Jena eine Tochter und einen Sohn.

1880 folgte STRASBURGER einem Rufe nach Bonn, als Nachfolger HANNSTEINs, und hier, wo er sich im Kreise der vorgenannten bedeutenden Kollegen wohlfühlte, blieb er lieber, als daß er einem verlockenden Anerbieten, nach München zu kommen, gefolgt wäre.

Ende der 90er Jahre verfiel seine Frau in schwere unheilbare Krankheit, wodurch STRASBURGER zeitweise auf das tiefste deprimiert und auch körperlich mitgenommen ward. Erst als sie 1902 ihrem Leiden erlegen war, trat nach und nach eine Beruhigung ein, und STRASBURGER warf sich mit verdoppeltem Eifer auf seine Arbeiten. Das letzte Jahrzehnt ward ihm durch die Familie seines am Orte verheirateten Sohnes verschönert, dessen Kinder mit großer Liebe an dem Großvater hingen.

In den Osterferien und den großen Ferien suchte STRASBURGER auf Reisen Erholung und sammelte neue Kräfte für das anstrengende Semester. Denn STRASBURGER ist einer der wenigen, denen es möglich war, seine enorme wissenschaftliche Arbeit und seine zahlreichen Publikationen im Laufe des Semesters zu leisten, ohne die Ferien — wenigstens in den letzten 15 Jahren — dazu zu Hilfe zu nehmen. Er kannte fast alle Länder Europas aus eigner Anschauung und kehrte vor allem stets wieder gerne an die geliebte Riviera zurück. Weitere Reisen unternahm er nach Algier und Ägypten; eine geplante Fahrt nach Buitenzorg kam nicht zustande, da jede, auch kurze Seereise seine Kräfte und Nerven übermäßig anzustrengen pflegte. Das sind im wesentlichen die äußeren Umrisse eines durch wissenschaftliche Arbeit vollauf ausgefüllten Lebens.

STRASBURGERs Persönlichkeit übte auf alle, die ihm näher traten, einen besonderen Zauber aus. Er konnte der liebenswürdigste Gesellschafter sein, der je nachdem bald mit feinsinnigen, witzigen Causerien, bald mit Erzählungen eigener Erlebnisse oder mit Erörterung ernsterer Fragen und wissenschaftlicher Gegenstände eine ganze Gesellschaft zu unterhalten wußte. Nach dem Tode seiner Frau lebte er sehr zurückgezogen und verkehrte nur bei den engeren Freunden des Hauses und seinen jüngern Fachgenossen. Lebhaften Anteil nahm er aber stets an dem monatlichen wissenschaftlichen Kränzchen, an dem ich mehrere Male in seinem Hause teilnehmen durfte. Hier behandelte er Gegenstände, die er gerade bearbeitete, in einer auch für die Kollegen anderer Fächer verständlichen Art und stets formvollendeter, anregender Weise. Bei dem nachfolgenden Abendessen pflegte sich das Gespräch um den Inhalt des Vortrages zu drehen, wobei STRASBURGER auf das liebenswürdigste alles etwa unverstanden Gebliebene weiter auseinandersetzte.

Eine große Gewandtheit im persönlichen Verkehr und in der Behandlung verschiedenartiger Charaktere ließ ihn bei Verhandlungen meist zu dem gewünschten Ziele gelangen, und er äußerte

mir mehrfach, wenn er nicht Botaniker geworden, so hätte er sich wohl getraut, auch als Diplomat Tüchtiges zu leisten. So suchte man in schwierigen Fragen gerne seinen Rat, und ein Dank für seine versöhnende Vermittlung in den oft schwierigen Verhältnissen der Fakultät wurde ihm vom Dekan ins Grab mitgegeben.

STRASBURGERs Tätigkeit als Lehrer war sehr vielseitig. Seine Vorlesungen waren nach Form und Inhalt gleichmäßig bedeutend, besonders auch ihrer geistreichen Einleitungen wegen, die die Beziehungen der Botanik nach allen Seiten hin ins rechte Licht stellten, berühmt; und die öffentliche Gratisvorlesung, die er im Wintersemester über allgemeinere biologische Probleme abzuhalten pflegte, versagte niemals ihre in der Studentenschaft wie im größeren Publikum Bonns bekannte Anziehungskraft. Für Anfänger und nicht besonders Interessierte dürften seine Vorlesungen oft zu hohe Voraussetzungen gemacht haben.

Das Anfänger-Praktikum, das ihn sehr anstrengte, ohne ihn zu befriedigen, hatte er auf ein Semester eingeschränkt, was den Bedürfnissen nicht genügte. Doch erschien es ihm für die Wissenschaft wichtiger, daß er seine Arbeiten weiter fördern konnte, als daß er sich im Kleinkram des Instituts-Betriebes verbrauchte; eine für einen überragenden Geist verständliche Ansicht, der ein wesentlicher Anteil an der ungewöhnlichen Fülle seiner Publikationen beizumessen ist.

Für Fortgeschrittene, besonders für ausgebildete Botaniker, war er ein ausgezeichneter Lehrer, der bei einem täglichen, meist kurz vor der Vorlesung stattfindenden Rundgang mit wenig Worten den rechten Weg zu weisen verstand, oder aber auch bei schwierigeren Fragen viele Zeit auf das Studium von Präparaten seiner Schüler verwenden konnte. So war es kein Zufall, daß er fast immer eine große Zahl von Ausländern aus aller Herren Länder, besonders von Amerikanern, Engländern und Japanern in seinem Tages-Praktikum sah. Fast alle jüngeren amerikanischen Dozenten nennen sich STRASBURGERs Schüler, wie ich bei Gelegenheit der Vorbereitung einer für den 70 Geburtstag bestimmten Festschrift ersehen konnte.

Der Eifer, mit dem er einmal angefangenen Arbeiten nachging, ward nur noch von der Schnelligkeit, mit der er sie zu vollenden wußte, übertroffen. Er hatte einen sicheren Blick für die Fragen, wo Erfolge winkten, so daß er selten fehlgriff. Die ganze neue Wissenschaft der Cytologie sieht in STRASBURGER ihren Schöpfer und auf botanischer Seite andauernd bedeutendsten Förderer. Daß seine Arbeiten über die feinsten Kerndetails sich

oft widersprachen, lag teils an dieser ungestümen Arbeitsweise, teils an der ungeheueren Schwierigkeit der stets neu auftretenden Probleme, deren man erst nach und nach Herr zu werden gelernt hat — wesentlich mit durch STRASBURGERs Arbeit und Überlegung. Ebenso war durch dieses Arbeitsungestüm veranlaßt, daß er mit einigen Fachgenossen in erregtere Auseinandersetzungen kam, die aber von seiner Seite niemals der Würde seiner Wissenschaft zu nahe traten. Vor allem und das soll ihm stets unvergessen bleiben, scheute er sich niemals, einen begangenen Irrtum offen zuzugeben, sobald er sich von der Richtigkeit der gegenüberstehenden Beobachtung hatte überzeugen können. Vielleicht dienten ihm nebenbei auch eigene Erlebnisse aus dem Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn, von denen er mehrfach erzählte, als warnende Lehre. So hatte es sich tief in sein Gedächtnis eingeprägt, wie er von dem von ihm hochverehrten, in seinen letzten Lebensjahren jedoch überaus reizbaren HOFMEISTER, dem er mehrere Irrtümer nachgewiesen, gelegentlich einer wissenschaftlichen Versammlung (Insbrucker Naturforschertag 1869?) derart behandelt und förmlich boycottiert worden sei, daß er die Versammlung verlassen mußte.

Wenn STRASBURGER allerdings als älterer, verdienter Fachgenosse von jüngeren in unangemessener Weise und dabei zu Unrecht angegriffen wurde, konnte ihn seine Ruhe wohl zeitweise verlassen. Doch dachte er viel zu vornehm, auf dergleichen anders zu erwidern, als es völlig zu ignorieren.

Suchen wir nun im folgenden festzustellen, was die wissenschaftliche Botanik EDUARD STRASBURGER verdankt, so müssen wir uns große Beschränkung auferlegen, denn es gibt kaum ein Gebiet, das ihm nicht mehr oder minder zu Dank verpflichtet wäre. Vollständig sein, hieße eine Geschichte der Botanik von 1867—1912 schreiben, da STRASBURGERs Arbeiten überall in die gerade aktuellen Fragen eingreifen und stets im Zusammenhange mit ihnen eine umfangreiche Literatur zu bewältigen wäre. Somit kann hier nur das Wichtige hervorgehoben werden, das aber vollkommen genügen wird, den enormen Einfluß zu zeigen, den er auf die Ausgestaltung der modernen Botanik ausgeübt hat.

In der ersten Zeit in Warschau und Jena arbeitete STRASBURGER an der Lösung entwicklungsgeschichtlicher Fragen. Über die Befruchtung der Farne, der Lebermoose und der Coniferen liegen mehrere Arbeiten vor (4, 5, 7, 8, 9, 10 des Verzeichnisses),

die durchweg eine wesentlichere Ergänzung der HOFMEISTERschen Untersuchungen bringen, der bis dahin fast allein dieses Gebiet bearbeitet, und bei dem umfassenden Charakter seines Hauptwerkes im einzelnen doch vieles übersehen und auch wohl unrichtig dargestellt hatte. So konnte STRASBURGER die genauere Entwicklung von Antheridien und Archegonien, deren Öffnung und Befruchtung bei Farnprothallien und Lebermoosen beobachten. Er stellte auch die Anziehungskraft des bei Öffnung der Archegonien ausgestoßenen Schleimes fest, ohne freilich die chemischen Anziehungskörper ausfindig zu machen, was PFEFFER vorbehalten blieb. Sehr wichtig war die Korrektur von HOFMEISTERs Auffassung der Coniferen-Samenanlage, wo STRASBURGER die Embryosackbildung mit den Archegonien am Scheitel und ihre Homologie mit dem Verhalten der Farnprothallien richtig erkannte. Ein wesentliches Hilfsmittel war ihm hier die meines Wissens vor ihm nicht angewandte Härtung der Objekte in Alkohol.

Diesen Vorarbeiten folgte alsbald die gründliche Untersuchung der Coniferen und Gnetaceen (12). War hier zunächst nur eine vergleichende Darstellung der Blütenentwicklung beabsichtigt gewesen, um mit dem neu gewonnenen Rüstzeug, das die Descendenztheorie für Ermittelung der natürlichen Verwandtschaft lieferte, die alte Frage nach dem morphologischen Wert der Gymnospermenblüten zu lösen, so wuchs die Arbeit unter der Hand und erstreckte sich schließlich auf alle vegetativen und generativen Teile der beiden Familien, soweit ihm das Material zugänglich war. Das bleibende Resultat dieser eingehenden Untersuchung ist die Klarlegung der genauen Entwicklungsgeschichte der Blüten und Samenanlagen, der Embryosäcke, ihrer Befruchtung und der Embryonen für die ganzen Coniferen und in wesentlichen Teilen auch die Gnetaceen. Die Auffassung der Coniferenzapfen als Infloreszenzen, die er mit anderen Fachgenossen teilte, vermochte freilich nicht allgemein durchzudringen. Ebenso mußte STRASBURGER eine hier vertretene Auffassung: die Gymnospermen-Samenanlagen als Fruchtknoten denen der Angiospermen an die Seite zu setzen, später selbst wieder fallen lassen, während er sie vorerst noch in einem besonderen Aufsatze (17) EICHLER gegenüber verteidigt hatte.

Die Arbeit über *Azolla* (14) schließt sich der Zeit nach zunächst hier an. STRASBURGER lieferte, wie es scheint auf relativ geringfügiges Material gestützt, eine sehr vollständige Beschreibung des vegetativen Baues wie der Fortpflanzungsorgane dieser damals erst langsam mehr bekannt werdenden heterosporen Farngattung.

Seine Resultate sind noch heute die Grundlage unserer Kenntnisse, auf die weitere Beobachter stets wieder zurückgehen müssen.

Die Untersuchungen der Gymnospermen-Entwicklung wieder aufzunehmen, ward STRASBURGER einmal durch neues Material (an Gnetaceen besonders) veranlaßt, dann aber drängte es ihn, zu den neu erschienenen Untersuchungen von VESQUE und WARMING über Samenanlagen und Embryosackentwicklung von Angiospermenpflanzen Stellung zu nehmen. Als Ergebnis erschien das Buch „Angiospermen und Gymnospermen“ (30). Diese Arbeit bringt als Folge eigener Untersuchungen eine Kritik ungenauer resp. direkt unrichtiger Angaben von VESQUE und einen Anschluß an den von WARMING formulierten Satz: „Die Anthere verhält sich zum Nucellus wie das Mikrosporangium zum Makrosporangium.“ STRASBURGER modifizierte den Satz etwas und sagt, minder glücklich wie mir scheint: „Wenn also das Eichen einem freien Sporangium des Gefäßkryptogamen entspricht, so dürfte das Pollenfach eher einem ganzen Sorus gleichwertig sein, der aus der Verschmelzung zahlreicher Sporangien entstanden ist.“

Die Arbeit gipfelt alsdann in dem Vergleich der beiden großen Abteilungen und ihrem Anschluß an die Kryptogamen. Die heutigen Anschauungen beruhen noch immer großenteils auf STRASBURGERs Resultaten, deren wichtigste hier kurz folgen mögen: „Übereinstimmend fanden wir bei Angiospermen und Gymnospermen die Anlage des Embryosacks“ . . . „Auch für die Vorgänge, die sich im Innern des Embryosackes bei den Angiospermen abspielen, finde ich jetzt Anknüpfungspunkte bei den Gymnospermen. Bei den Angiospermen teilt sich der Embryosackkern; seine Nachkommen wandern in die beiden Enden des Embryosackes und bilden hier durch fortgesetzte Teilung je vier nackte Kerne. Mit ähnlicher nackter Kernteilung beginnen aber auch die Vorgänge im Embryosack der Gymnospermen. Hierauf erst treten die Unterschiede hervor.“ Es folgt die genaue Schilderung der Embryosackausrüstung bei Angiospermen und Gymnospermen derart, wie wir sie jetzt noch im wesentlichen beschreiben würden, wobei die Antipoden und der Eiapparat als den Endospermzellen im gymnospermen Embryosack entsprechend aufgefaßt werden. „In der nach der Befruchtung eintretenden Endospermbildung, welche durch Teilung des gegebenen Zellkernes eingeleitet wird, möchte ich aber eine Fortsetzung des ursprünglichen unterbrochenen Vorganges der Endospermbildung erblicken. Dieser weitere Vorgang bedarf hier erst der Anregung durch die Befruchtung.“ — Entgangen war STRASBURGER, wie allen späteren

Beobachtern der nächsten 20 Jahre, lediglich der zweite, in den Embryosack mit eintretende männliche Kern und seine Vereinigung mit dem Embryosackkern, wie 1898 von NAWASCHIN zuerst beobachtet ward. In Bezug auf die Kryptogamen betont STRASBURGER, „daß das Homologon des Gymnospermeneichens jedenfalls im Sporangium zu suchen sei. Dabei vergleiche ich auch hier das ganze Eichen mit dem Sporangium, so daß letzteres eine Hülle erhalten haben müßte, um zum Ovulum zu werden." „Auf welche Weise Gymnospermen und Angiospermen dann weiter zusammenhängen, ließe sich auch nur in ganz hypothetischer Weise beantworten. Jedenfalls sehe ich jetzt ganz davon ab, die Angiospermen direkt in die Verlängerung der Gnetaceen zu bringen, der Anschluß hat aller Wahrscheinlichkeit nach an der Wurzel beider Gruppen stattgefunden." — Von den in größter Menge beigegebenen musterhaften Zeichnungen der beiden großen Werke (Coniferen-Gnetaceen, sowie Angiospermen und Gymnospermen) sind mehrere als dauernder Bestand in unsere Lehrbücher übergegangen.

Auf die Gymnospermen-Entwicklung ist STRASBURGER, von kleineren Veröffentlichungen (89) und ständigen Sammelreferaten (121—123) abgesehen, nur noch einmal zurückgekommen (55), indem er den Beobachtungen und Auffassungen von BELAJEFF über das Verhalten des Pollens bei *Taxus* und anderen Gymnospermen bei der Befruchtung, die von seinen eigenen abwichen, nach eingehender Nachforschung zustimmen mußte.

Das Studium der Vorgänge im befruchteten Archegonium führte STRASBURGER aber noch weiter zu der weitaus wichtigsten Aufgabe seines Lebens, an die er nach mancherlei Abschweifungen immer wieder herantrat, und der er durch stets veränderte und erweiterte Fragestellung einen großen Schatz von unvergänglichen Forschungsresultaten abzugewinnen wußte — zum Studium der Pflanzenzelle und Zellkerne.

Im ersten Bande des Progressus rei botanicae gibt STRASBURGER selber (98) die genauen Angaben, wie er durch Beobachtung der Kernteilungsfiguren im gehärteten Material der *Pinus*-Archegonien die prinzipielle Bedeutung des bis dahin beim Studium nur lebenden Materials noch nie beobachteten Vorganges erkannte und, sofort alles andere zurückstellend, diesem Vorgange seine ganze Aufmerksamkeit zugewandt habe. Da lebende plasmareiche Zellen ihre in Teilung begriffenen Kerne undeutlich werden lassen, so hatte man bis dahin angenommen, daß sie jedesmal der Auflösung verfallen und nach Trennung der beiden Tochterzellen aus dem Plasma wiedergebildet würden.

Diese Vorstellung war natürlich mit der gemachten Beobachtung völlig unvereinbar, und so machte sich STRASBURGER daran, die mannigfachsten Objekte pflanzlicher, daneben auch tierischer Art auf die Vorgänge bei der Teilung ihrer Zellen hin zu untersuchen. Als Resultat erschien das Buch über Zellbildung und Zellteilung (21), das derart einschlug, daß bereits nach Jahresfrist eine zweite (22) und einige Jahre später die dritte Auflage (33) erscheinen mußte, die stets eine Fülle neuer Beobachtungen und unerwarteter Ergebnisse brachten. Dazwischen hatte STRASBURGER seine Untersuchungen sehr viel weiter ausdehnen können und, wenn in der ersten Auflage noch einige Fälle ausgesondert waren, in denen auch er Neubildung der Kerne aus dem Plasma annehmen zu müssen glaubte, so konnte er in der dritten Auflage feststellen, daß nirgends Neubildung eines Kernes aus Zellplasma vorkommt: wie Zellen nur aus Teilung einer Mutterzelle entstehen, so gehen Zellkerne nur aus Teilung eines Mutterkernes hervor.

Inzwischen hatte von verschiedenen Seiten die Diskussion der mit Entdeckung der Kernteilung sich aufdrängenden Fragen eingesetzt; auf botanischem, zoologischem und anatomischem Gebiete waren viele Forscher in gleicher Richtung tätig, denn mit einem Schlage war die grundlegende Bedeutung dieser Probleme erkannt. Über die Anteile der verschiedenen Forscher an der Aufdeckung der Tatsachen gibt STRASBURGER (98) selber am besten Auskunft.

Ein wichtiger Schritt war die Auffindung von Objekten, die an ihren lebenden Zellen Kernteilung beobachten ließen und damit die zunächst vielfach vorgebrachten Einwände, es hätten Kunstprodukte vorgelegen, entkräfteten. — Die Entwicklung des geknäuelten Kernfadens im teilungsbereiten Kern, sein Aufbau aus Körnchen, die Längsspaltung des Fadens und sein Zerfall in Chromosomen, das Auftreten der Verbindungsfäden im umgebenden Plasma, die Aufeinanderfolge der verschiedenen Teilungsphasen, das Auseinanderweichen der Kernplattenhälften wurden so nach und nach festgestellt und, soweit andere Beobachter, vor allen anderen O. HERTWIG und W. FLEMMING, neues Tatsachenmaterial beibrachten, stets von STRASBURGER nachgeprüft, hie und da erweitert, bestritten, verändert, so daß er stets mit in der vordersten Linie stand. (Hierher gehören seine Arbeiten 23, 24, 26, 29, 31, 32.) Der erreichte Zustand des Zellenproblems ward dann zusammenfassend in der 3. Auflage des Zellenbuches und einer Rede (34) auf der Naturforscher-Versammlung in Danzig dargestellt.

Doch war die Bedeutung der einzelnen Vorgänge noch durchaus nicht überall erkannt, vielfach auch durch einander widersprechende Darstellungen der verschiedenen Beobachter getrübt. So ward z. B. die von FLEMMING bereits beobachtete Längsteilung der Chromosomen, zunächst bei pflanzlichen Zellen vermißt und ihr daher keine Wichtigkeit beigemessen. Erst als die Verteilung der Längshälften jedes Chromosoms auf die beiden verschiedenen Seiten klar beobachtet und als regelmäßige Erscheinung sichergestellt war, trat die große Bedeutung der Tatsache ins rechte Licht. Ebenso ward die Feststellung der Chromosomenzahl erst dann richtig bewertet, als sich die stete Wiederkehr derselben Zahl an den spezifisch gleichen Zellen herausgestellt hatte (36, 41). Von besonderer Wichtigkeit war aber das schließliche Ergebnis, daß tierische und pflanzliche Zellen in allen wesentlichen Erscheinungen der Kernteilung, nach Beseitigung anfänglicher Mißdeutungen, gleiches Verhalten zeigen.

Neue Differenzen begannen, als sich herausstellte, daß bei der Bildung von Sexualzellen stattfindende Kernteilungen einen anderen Verlauf erkennen lassen, als bei der Teilung vegetativer Zellen zu beobachten war. Zuerst war diese Tatsache von FLEMMING ausgesprochen. Gleichzeitig war man bestrebt, die in tierischen Zellen vorhandenen Attraktionssphären und Centrosomen als Mittelpunkte von mehr oder minder deutlichen Strahlungsfiguren der Verbindungsfäden, deren Vorhandensein aus der sonstigen Übereinstimmung der Tier- und Pflanzenzelle gefolgert ward, auch bei den Pflanzen aufzufinden. Und endlich führte der Nachweis des verschiedenen Verhaltens der Kerne von Sexualzellen, ihre verminderte Chromosomenzahl gegenüber den vegetativen Zellen derselben Species, näher auf die wesentlichen morphologischen Erscheinungen bei der Befruchtung hin. Auf diese Periode beziehen sich die Arbeiten STRASBURGERs unter Nr. 38, 43, 48, 49, 55, 56, 57, 59, die nach einer Seite hin einen vorläufigen Abschluß mit der Arbeit (65) „Über periodische Reduktion der Chromosomenzahl im Entwicklungsgang der Organismen“ fand.

Dagegen ward das Fehlen der Centrosphären in den Zellen höherer Pflanzen von STRASBURGER erst später anerkannt. Von der sonst vollkommenen Übereinstimmung pflanzlicher und tierischer Zellen verleitet, wollte man eben überall Centrosomen gesehen haben, und sie werden in (68) „Karyokinetische Probleme“ auch noch gezeichnet. Erst in (73) den „Cytologischen Studien aus dem Bonner botan. Institut“ sind sie dann als nicht existierend nachgewiesen.

Diese Arbeiten, von STRASBURGER gemeinsam mit einigen seiner Schüler veröffentlicht, legten gleichzeitig die Grundlagen für die jetzige Auffassung der Kernteilungsvorgänge bei der Sexualzellbildung und stellten die Unterschiede der typischen von der heterotypischen und homöotypischen Teilungsweise fest, die nur in einem Punkte noch späterer Berichtigung bedurfte. Ein vorläufiger Abschluß in der Frage nach der Sexualzellentwicklung und den anschließenden Vorgängen wird alsdann in (77) gegeben, betitelt: „Über Reduktionsteilung, Spindelbildung, Centrosomen und Cilienbildner im Pflanzenreich". Die Ergebnisse dieser auf umfangreicher Grundlage die Resultate der „Studien aus dem Bonner Botanischen Institut" resumierenden und erweiternden Arbeiten sind im wesentlichen die folgenden: Die Spindelfasern in den Teilungen der Sexualzellen enden in der Hauptschicht des Plasmakörpers, ohne daß Centrosomen vorhanden wären. Was als solche gedeutet ward, sind wohl meist extranucleare Kernkörperchen gewesen. Die Blepharoblasten bei den Cycadeen und sonst sind „Cilienbildner", STRASBURGER möchte sie nicht den Centrosomen vergleichen. Die Vorgänge der Reduktionsteilung werden jetzt folgendermaßen geschildert: „Gleich nach vollzogener Segmentierung des Kernfadens" beginnen „die Längshälften der Chromosomen, sich voneinander zu trennen". Sie erleiden darauf eine Verkürzung und es „ist zu konstatieren, daß den beiden bis zuletzt unterscheidbaren Längshälften eines jeden Chromosoms seinen ursprünglichen beiden Längshälften entsprechen". „Auf manchen Entwicklungszuständen . . . . habe ich . . . . die Andeutung von einer zweiten Längsspaltung an den Tochtersegmenten beobachtet." Auf den nächstfolgenden Stadien treten die Tochterchromosomen in stäbchenförmiger Gestalt in der Kernplatte ein. „Sie werden an dem einen Ende von den Zugfasern erfaßt und dort von ihnen in Richtung der Pole meist etwas auseinandergezogen. Die Seitenansicht der Elemente läßt . . . . meist ihre Zusammensetzung aus den beiden Längshälften erkennen; in der Polansicht hingegen ist eine Linie, welche auf die zweite Längsspaltung hindeuten könnte, nur ganz ausnahmsweise bemerkbar . . . . . Es ist klar, daß, wenn an den Kernplattenelementen . . . eine **U**förmige Umbiegung sich vollzogen hätte, dieser eine vollständige Verschmelzung der beiden Schenkel des U gefolgt sein müßte, um solche Bilder zu ergeben."

Inzwischen waren aber auch mannigfache weitere, neben der Verfolgung der Kernwandlungen einhergehende Vorgänge des Zellenwachstums von STRASBURGER beobachtet worden: Bau und Wachstum der Zellhäute (39, 50) riefen sein lebhaftes Interesse wach, da sich ihm bei Untersuchung der Zellteilungs- und bil-

dungsvorgänge die Überzeugung aufdrängen mußte, daß dem NAEGELischen Intussusceptionswachstum lange nicht die von ihm und seinen Schülern behauptete allgemeine Verbreitung zukomme. War dieser Glaube auch bereits durch die eleganten Versuche von NOLL wesentlich erschüttert, so lag es doch im Interesse der Wissenschaft, weitere Objekte daraufhin zu prüfen, vor allem auch den Bildungsprozeß selber genauer zu präzisieren. Das Ergebnis war, daß überall eine Umwandlung aus dem Protoplasma die Grundlage der Membranbildung sei, daß also eine Haut nicht ausgeschieden, sondern direkt aus Plasma umgewandelt werde. Ferner erwies STRASBURGER die viel allgemeinere Verbreitung des Appositionswachstums nicht nur bei der Auflagerung neuer Lamellen, sondern auch beim Flächenwachstum von Membranen, wo es mit Dehnung älterer Membranlamellen verbunden ist. Auch verholzte, verkorkte oder cutinisierte Membranen werden von dem Plasma als Cellulosewände gebildet. Die ihre spätere Natur bedingenden Stoffe wandern erst nachdem in die ursprünglich aus Cellulose bestehende Wandung ein. Und zwar ist wohl allgemein das Hyaloplasma der zunächst in die Membran eindringende Stoff, der alsdann die betreffenden Veränderungen der Cellulosehäute bewirkt.

Hier schließt sich am nächsten an die riesenhafte Arbeit über „Bau und Verrichtungen der Leitungsbahnen“ (54), die eine genaueste Durcharbeitung des anatomischen Aufbaues der Gymnospermen- und Angiospermenstämme brachte und im Anschluß daran Versuche, das immer noch nicht ganz gelöste Problem der Wasserleitung einer Lösung zuzuführen. Diese Arbeit verlieh STRASBURGER eine so ins einzelne gehende Kenntnis der Pflanzenanatomie, wie sie vor ihm wohl nur A. DE BARY eigen gewesen sein dürfte. Die auf Grund dieser Kenntnisse durchgeführten Wasserleitungsversuche zeigten unter anderem, daß Einschaltung von über 10 m langen durch Gift oder Abbrühen getöteter Strecken in die Wasserleitungsbahnen das Aufsteigen von Farblösungen nicht hindert, wenn auch die obere Spitze so behandelter Zweige abstarb. Der beabsichtigte Nachweis, in welchem Grade die lebenden Zellen des Holzkörpers, Markstrahlen und Holzparenchym, bei der Leitungtätigkeit beteiligt sind, dürfte dahin geführt haben, daß eine direkte Beteiligung solcher lebenden Elemente bei Leitung durch abgetötete Stücke hindurch und weiter hinauf nicht zu erweisen ist. Inwieweit sie aber etwa indirekt noch von Bedeutung sein mögen, läßt sich deshalb nicht sagen, weil alle diese Versuche doch nur relativ kurze Zeit mit lebenden Elementen oberhalb der abgebrühten Stelle rechnen können.

Von Bedeutung ist ferner der Nachweis, daß die Wasserströmung an den Luftblasen JAMINscher Ketten vorbei stattfindet, daß solche also kein absolutes Hindernis dafür darstellen. Auf die zahlreichen Versuche im einzelnen einzugehen, würde hier zu weit führen. Gegen Einwände SCHWENDENERs auf diese Arbeit wendet sich STRASBURGER in einer etwas ironisch gehaltenen Entgegnung „Über das Saftsteigen" (60), worin SCHWENDENERs Einwürfe als unzutreffend zurückgewiesen werden. Weitere Arbeiten auf anatomischem Gebiete betreffen die „Plasmaverbindungen pflanzlicher Zellen" (82). Hier wird anknüpfend an frühere Beobachtungen von TANGL u. a. der Nachweis der überall vorhandenen „Plasmodesmen" geführt, die somit den vielzelligen Pflanzenkörper als mit einheitlichem Plasmakörper begabt darstellen. Werden durch starke Plasmolyse ganzer Sprosse diese Plasmazusammenhänge gelöst, so hört auch die Reaktionsfähigkeit des Sprosses z. B. auf geotropische Reize auf. Anatomischer Art ist schließlich noch die Arbeit „über die Verdickungsweise der Stämme der Palmen und Schraubenbäume" (96). Die Resultate sind im wesentlichen so zu formulieren: Ein sekundärer Dickenzuwachs, etwa wie bei *Dracaena*, ist nicht möglich, da ein entsprechender Kambiumring fehlt. Dagegen finden sich streng lokalisierte Bildungen im Pericykel, die neues Grundgewebe, neue Gefäßbündel und Sklerenchymfaserstränge an räumlich eng begrenzten Stellen hervorbringen. Die neuen Gefäßbündel entsprechen aber stets nur Verbindungen zwischen schon vorhandenen und werden zur Befriedigung nachweisbarer lokaler Bedürfnisse angelegt.

Im Interesse einer einheitlichen Darstellung sind soeben die anatomischen Arbeiten STRASBURGERs ohne chronologische Folge vorweggenommen. Aber lange vor der Bearbeitung des Palmenzuwachses war STRASBURGER bereits wieder zu seinem Hauptarbeitsgebiet, der Zelle, zurückgekehrt, da manche neuen Fragen aufgetaucht waren, zu denen es galt Stellung zu nehmen.

Zunächst sind hier die Beobachtungen von NAWASCHIN zu nennen, die von GUIGNARD und anderen bestätigt, die Einwanderung eines zweiten Spermakernes bei der Befruchtung einer Eizelle nachweisen und zeigten, daß dieser zweite männliche Kern mit dem sekundären Embryosackkern verschmilzt und diesen zur Endospermbildung anregt. STRASBURGER erörtert in dem kleinen Aufsatze (78) „Einige Bemerkungen zur Frage nach der „doppelten Befruchtung" bei den Angiospermen" die neuen Ergebnisse, und hier glaube ich nach früheren Ansätzen die erste klare Formulierung zu finden, die seine Anschauungen über Befruchtung, Apo-

gamie usw. später stetig in gleicher Richtung beeinflußt haben. Er unterscheidet hier zwischen „generativer Befruchtung", nämlich des Eikernes durch den männlichen Kern, und „vegetativer Befruchtung", d. h. der Vereinigung des sekundären Embryosackkernes mit dem zweiten Spermakerne. Dann wird ausgeführt, daß die beiden Sexualkerne einander in der Chromosomenzahl gleich sind, jeder also die gleiche Erbmasse dem Nachkommen zufüge, während der sekundäre Embryosackkern bereits zwei Polkerne in sich enthalte und alsdann noch einen dritten Kern aufnehme. Hier sei es nur „Anregung" resp. „Ermöglichung der Entwicklungsvorgänge", bei der generativen Befruchtung dagegen „Übertragung der vereinigten Eigenschaften der Erzeuger auf die Nachkommen". „Nur bei der generativen Befruchtung durch Vereinigung von Geschlechtszellen verschiedenen Ursprungs kann der Ausgleich individueller Abweichungen erzielt werden, wie er für das Fortbestehen der Spezies erforderlich ist." „Der Ausgleich der individuellen Abweichungen, wie ich ihn mir bei der Befruchtung sich vollziehend denke, kann in der Tat nicht besser als durch Vereinigung gleich großer Erbmassen erreicht werden." Weiter fortgesetzt findet sich dieser Gedankengang in der Publikation (83) „Über Befruchtung", die in erster Linie wohl durch WINKLERs Veröffentlichung über „Merogonie" veranlaßt war. Es wird der doppelten Bedeutung des Befruchtungsvorganges gedacht, daß nämlich darin „Qualitätskombinationen" und „Entwicklungsanregung" auseinanderzuhalten seien; deren ersterer nach STRASBURGERs Auffassung die Hauptbedeutung zukommt, da „die fluktuierende Variation" einen „Ausgleich der Speciescharaktere" „fortdauernd nötig macht". So ist denn „im Laufe der phylogenetischen Entwicklung die Unfähigkeit der Geschlechtsprodukte, sich einzeln für sich, ohne gegenseitige Vereinigung, weiter zu entwickeln, immer schärfer fixiert".

Indem STRASBURGER in dem Akademieberichte (87): „Über Reduktionsteilung" sich der von WEISMANN seit lange aus theoretischen Gründen vertretenen, jetzt besonders von BOVERI hervorgehobenen Auffassung der Reduktionsteilung angeschlossen hat, die sich von der seinigen vorher aufgeführten (S. 71) wesentlich unterscheidet, stellt er die Vorgänge folgendermaßen dar: „Dementsprechend muß ich ändern, was ich früher als Merkmal der heterotypischen Teilung angab. Sie beruht nicht auf einer doppelten Längsspaltung der auf ihre halbe Zahl reduzierten Chromosomen, vielmehr auf der einzigen Längsspaltung dieser zweiwertigen Chromosomen, durch welche gleichwertige Schwester-

chromosomen für den nächsten Teilungsschritt vorbereitet werden, und in einer Querteilung, welche einwertige Chromosomen schafft. Letztere werden auf die Tochterkerne verteilt, in welchen ihre homöotypische Teilung durch Trennung ihrer beiden Längshälften sich vollzieht."

Doch auch damit war die richtige Auffassung der tatsächlichen Vorgänge noch nicht erreicht. Von den verschiedensten Seiten: FARMER, MOORE und von der GREGOIREschen Schule kamen anderslautende Beobachtungen und so entschloß STRASBURGER sich nochmals, im Verein mit einigen seiner Schüler besonders die Geheimnisse des als Synapsis bezeichneten Vorganges aufzuklären. In den „Histologischen Beiträgen zur Vererbungsfrage" (91) ward alsdann die Lösung in der Weise gefunden, daß in der Prophase sich die Chromosomen paarweise zusammenlegen, so gepaart in die Synapsis eintreten. Diese ist an einer Zusammenballung des ganzen Kerninhaltes an der einen Kernseite kenntlich. Aus diesem Zustande spinnt sich alsdann ein feiner Doppelfaden aus, der den gepaarten Chromosomen entspricht. Er verschmilzt alsbald unter Verkürzung zu einem dicken Faden, der sich in Segmente teilt, die je einem Doppelchromosom entsprechen und deren Zahl die Hälfte der in vegetativen Zuständen zu beobachtenden Chromosomen gleich kommt. Damit ist der wesentliche Schritt der Reduktion vollzogen.

Schon vor dieser letzten Richtigstellung der bei den pflanzlichen Reduktionsteilungen zu beobachtenden Vorgänge wendet STRASBURGER sich zur Untersuchung der Gattung *Alchimilla*, die nach SV. MURBECK durch „parthenogenetische Embryobildung" ausgezeichnet sein sollte (88). Eine Untersuchung der Pollenentwicklung zeigt dessen Unfruchtbarkeit. Die Anlagen der Embryosackmutterzellen lassen nun erkennen, daß sie keine Reduktionsteilung eingehen, sondern sich nur einer typischen Kernteilung unterwerfen. Sie behalten also die diploide Zahl der Chromosomen. Daraus folgt für STRASBURGER, daß den Embryosackzellen das wesentliche Merkmal der Sexualzellen — die Unfähigkeit, sich einzeln weiter zu entwickeln — fehlt. Die Embryosäcke führen also lediglich vegetative Zellen, und so ist die Pflanze nicht parthenogenetisch sondern durch Geschlechtsverlust „apogam" geworden. Hier stimmt demnach Unfruchtbarkeit des Pollens zusammen mit apogamer Embryoentwicklung.

Dieselbe Beweisführung für Apogamie gestattete *Marsilia Drummondi*, für die früher bereits von W. B. SHAW Vorkommen von Parthenogenesis angegeben war. STRASBURGER konnte zeigen,

daß bei Beginn der Kernteilung in den Makrosporenmutterzellen die zunächst eingeleitete heterotypische Teilung im Stadium der Diakinese umschlägt; die homologen Chromosomen bleiben nicht paarweise verbunden, „sie hören augenscheinlich auf sich gegenseitig stärker anzuziehen, rücken auseinander . . . . . Aus der Zählung der gesonderten Chromosomen ergibt sich die diploide Zahl.“ Die Entwicklung scheint zwar den gewöhnlichen Weg weiter zu gehen, doch bleibt in den mit diploiden Prothallien versehenen Individuen die Öffnung der Archegonien aus, und so wird das Eindringen von Spermatozoiden zu den diploiden, einer Ergänzung ihrer Chromosomenzahl nicht mehr bedürfenden Eizellen unmöglich. Die Entwicklung geht also auch nur auf apogamem Wege vor sich, und die begleitenden Umstände des Verschlusses der Archegonien dürften die Richtigkeit der Auffassung STRASBURGERs, daß Apogamie nicht Parthenogenesis vorliegt, beweisen.

Nachdem dann die verwickelten Fragen der Kernteilungsvorgänge im wesentlichen gelöst schienen, wandte STRASBURGER sich mit der ganzen Summe seiner aus der Zellenlehre gewonnenen Erfahrung zu dem anschließenden Problem der Vererbung. In einer gemeinverständlichen Darstellung (92) wies er auf „die stofflichen Grundlagen der Vererbung im organischen Reiche“ hin, als welche er die Chromosomen und ihre weiteren kleineren und kleinsten Teilchen ansieht. Ihre Bedeutung schließt er einmal daraus, daß „die Individualität der Chromosomen dauernd in den Organismen gewahrt bleibt“. Bei der Befruchtung nun wurden durch die weitergehende Forschung immer intimere Verschmelzungsvorgänge aufgedeckt. „Zunächst hatte man sich mit der Feststellung zu begnügen, daß im Befruchtungsvorgang zwei als Gameten bezeichnete Geschlechtszellen sich vereinigen; dann folgte der Nachweis einer Verschmelzung der Kerne dieser Zellen; jetzt kommen wir einer Vereinigung von Chromosomen und Iden vor der Reduktionsteilung auf die Spur und glauben uns zu der Annahme berechtigt, daß der ganze Vorgang seinen Abschluß erst in einer Vereinigung der Pangene findet.“ Die Individualität der Chromosomen also bleibt während der ganzen Lebensdauer der Individuen gewahrt, bis sie im Befruchtungsvorgang bei der Verschmelzung mit den Chromosomen des anderen Geschlechts vorübergehend aufgegeben wird. Diese Paare von ganzen väterlichen und mütterlichen Chromosomen werden nun getrennt und auf die Tochterkerne beliebig verteilt, so daß alle möglichen Kombinationen vorkommen können. Somit hat jeder Tochterkern die Hälfte der Chromosomen des Mutterkerns erhalten und die mit bereits früher

erfolgter Längsspaltung versehenen ganzen Chromosomen zerfallen nun im zweiten Teilungsschritt und werden auf die vier Enkelkerne übertragen. Da wir nun annehmen müssen, daß die einzelnen Chromosomen sowohl unter sich verschieden sind, als auch aus verschiedenartigen Teilen bestehen, deren Gesamtheit erst die Eigenschaften des Mutterindividuums bestimmte, so werden bei dem geschilderten Verschmelzungs- und Teilungsvorgange, die Eigenschaften auf das mannigfachste vermischt, auf die vier Enkelkerne verteilt werden müssen.

Dieser hier so scharf betonten Individualität der Chromosomen schienen die Pfropfbastarde Schwierigkeiten zu bereiten, und so konnte STRASBURGER sie unmöglich unberücksichtigt lassen. Er äußerte sich in zwei Arbeiten (99) und (105) ausführlicher darüber. Die bis dahin bezweifelte Möglichkeit von Pfropfhybriden war ja durch die schönen WINKLERschen Versuche erwiesen; es fragte sich, wie das Verhalten der Kerne sei, ob an der Verwachsungsstelle etwa vegetative Kerne miteinander verschmelzen könnten und dadurch den Ausgangspunkt der Mischung von Eigenschaften zweier Pflanzen bilden. STRASBURGERs Untersuchungen bei *Cytisus Adami* den Bizarrien und Nachahmungen der WINKLERschen Versuche hatten stets ergeben, daß die Pfropfhybriden normale diploide somatische Zellen führen, daß also eine Vereinigung zweier somatischer Zellen nicht wahrscheinlich erscheine. Er sprach die Pfropfhybriden also als Chimären an, Hyperchimären, was ja durch die inzwischen erfolgten Nachweisungen der „Periclinalchimären" von BAUR, BUDER usw. seine Bestätigung für die bis jetzt übersehbaren Fälle gefunden hat.

Eine letzte Gruppe von Arbeiten bezieht sich auf die Geschlechtsbestimmung bei diöcischen Pflanzen (Nr. 79, 107, 109, 110, 112). Es sei hier gestattet, nur einige der gewonnenen Resultate aufzuführen, die zeigen dürften, daß STRASBURGER bereits eine feste Basis für Weiterführung seiner Versuche gewonnen hatte, und daß seine große Erfahrung und zähe Arbeitskraft wohl eine noch weitergehende Lösung der Frage nach den geschlechtsbestimmenden Ursachen hätte erwarten lassen.

Das diöcische Lebermoos *Sphaerocarpus californicus* besitzt auffallend große Sporentetraden. Bei Isolierung je einer Tetrade mußte sich das Verhältnis der entstehenden Männchen und Weibchen feststellen lassen, und es ergab sich mit großer Regelmäßigkeit 50 pCt. jedes Geschlechtes; die Ausnahmefälle waren dagegen verschwindend. Demnach muß die Geschlechtsdifferenzierung hier bei Teilung der Sporenmutterzelle erfolgen.

Bei den heterosporen Farnpflanzen muß die Sachlage eine andere sein, da bereits der Sporophyt die Geschlechtsbestimmung bedingt, und bei den Samenpflanzen kann die Geschlechtsdifferenz bereits auf die Sporophyten übertreten, so daß diöcische Sporophyten entstehen. Hier scheinen die Pollenkörner nach Angaben von NOLL und CORRENS das Geschlecht der Nachkommen zu bestimmen. STRASBURGER schließt sich dem zunächst im wesentlichen an, so daß er dem Pollen verschiedengradig abgestufte männliche Potenz zuerkennt, deren eine dem weiblichen Einfluß des Eies unterliegt, während die andere ihn überwindet. Die Eizellen diöcischer Pflanzen dagegen erscheinen a priori sexuell durchaus gleichartig sein zu müssen, da ja bei der Tetradenteilung der Embryosackmutterzelle nur eine der Tochterzellen erhalten bleibt.

Entscheidende Versuche findet STRASBURGER möglich bei *Helodea canadensis*, deren mit großer Mühe beschaffte männliche Pflanzen ihren Pollen in Tetraden an der Wasseroberfläche ausstreuen; die Tetraden sind groß genug, um einzeln auf die Narben übertragen zu werden. Den Abschluß dieser Versuche hat STRASBURGER nicht erlebt, doch konnte er sich überzeugen, daß ungenügender Samenansatz voraussichtlich Schwierigkeiten bereiten würde, die weitere Beobachtung nötig machen könnte. Normalerweise hätte bei voller Funktion aller vier Pollenkörner jede Frucht zwei Männchen und zwei Weibchen ergeben müssen.

Versuche bei *Melandryum rubrum* in ähnlicher Weise, bei minder günstigen Vorbedingungen ausgeführt, ergaben stets ein Überwiegen des weiblichen Geschlechtes, das auch bei anderen Diöcisten von verschiedenen Beobachtern festgestellt war. Es dürfte, schließt STRASBURGER, „die männliche Tendenz der Pollenkörner als Ganzes betrachtet, bei diesen Pflanzen eine Schwächung erfahren“ haben.

Samenaussaaten von den an männlichen Pflanzen von *Mercurialis annua* einzeln aufgetretenen weiblichen Blüten lieferten nur männliche Nachkommen, da offenbar die männliche Potenz in der ganzen Pflanze überwiegt. Damit wäre also der Nachweis geführt, daß nicht nur die männliche, wie allgemein angenommen, sondern auch die weibliche Potenz unter besonderen Umständen Schwankungen unterliegen kann, so daß damit die nachgewiesenen größeren Unregelmäßigkeiten im Auftreten der beiden Geschlechter bei Diöcisten ihre Erklärung finden dürften.

Aus dem Verhalten der *Mercurialis*-Pflanzen geht aber weiter hervor, daß „die Merkmale beider Geschlechter in den Kernen

des Diöcisten vertreten sind". Und es entscheidet, unabhängig von der MENDELschen Spaltungsregel, die sexuelle Potenz darüber, ob dies oder jenes Geschlecht in Wirksamkeit tritt.

Diese letzte wichtige Arbeit STRASBURGERs läßt somit auf das beste erkennen, daß er hoffen durfte, mit einigen weiteren Beobachtungsjahren einen wesentlichen Schritt in diesem Problem über die geschlechtsbildenden Faktoren an der Hand der *Helodea*-Kulturen vorwärts zu kommen, doch war es ihm nicht vergönnt, diese Versuche zu Ende zu führen.

Neben diesen Arbeiten zum Weiterausbau seiner Wissenschaft war STRASBURGER wohl nach SACHS der erfolgreichste Lehrer durch Lehrbücher und andere der Verbreitung botanischen Wissens dienende Werke. Zunächst erschien „Das große botanische Praktikum", ein Buch, das für angehende Botaniker bald unentbehrlich wurde, in dem er vom Mikroskop und seiner Beschreibung beginnend das ganze morphologisch-anatomische Wissen, das als Grundlage notwendig ist, in einzelnen Lektionen aufführte, dabei die technischen Schwierigkeiten angab und die Beobachtungsgabe anregte. In den einander folgenden Auflagen, deren letzte (VI.) im Erscheinen begriffen ist, ward das Buch immer auf der Höhe des Wissens gehalten, und, anfänglich von bescheidener Größe, ist es zu einem umfangreichen Kompendium geworden, in dem man alle Hinweise auf Arbeitsmethoden, Material und Literatur in Vollständigkeit finden kann.

Verbreiteter noch als dies große Werk ist das in erster Auflage gleichzeitig erschienene „Kleine botanische Praktikum", das für Mediziner, Landwirte und andere interessierte Kreise das notwendigste botanische Wissen mitteilte.

Ebenso hat sich das sog. „Bonner Lehrbuch", das er mit seinen Bonner Fachgenossen 1894 zuerst herausgab, als „Viermännerbuch" bald einen Weltruf erobert und bis jetzt 11 Auflagen in 17 Jahren erlebt. So wird STRASBURGER als Lehrer durch seine von ihm geschaffenen Lehrbücher noch lange in der Botanik lebendig bleiben und auch dem botanischen Nachwuchs die Einführung in alle Zweige seiner Wissenschaft erleichtern, ihm die Methoden und Wege weisen.

Neben diesen wissenschaftlichen Werken ist STRASBURGERs Name in der weiteren Welt wohl am besten bekannt geworden durch seine zumeist in der Deutschen Rundschau erschienenen, elegant geschriebenen Reiseaufsätze von der Riviera (63, 67), Hohen Tatra (71), Centralpyrenäen (80) usw. Vor allem sind die botanischen Streifzüge an der Riviera hervorzuheben, die auch in

Buchform (119) erschienen und, seit der zweiten Auflage mit reizenden farbigen Bildern geziert, allbekannt geworden sind; ein Büchlein, das kein Italienreisender, der irgendwie Freude an der südlichen Natur empfindet und Sinn zur Beachtung von Vegetation und Landschaft besitzt, liegen lassen sollte. Es war das Lieblingswerk des Verfassers, der darin all die Freude an dem edlen Naturgenuß niedergelegt hat, den er in der südlichen Sonne beim Durchstreifen blühender Maquis am Ufer des tiefblauen Mittelmeeres empfunden. Dabei enthält es einen Reichtum an Kenntnissen über Verwendung, Verarbeitung und Geschichte der Erzeugnisse der südlichen Pflanzenwelt, die den Reisenden umgibt. Wer das Büchlein zur Hand nimmt, lernt neben dem Gelehrten auch den Menschen E. STRASBURGER kennen, dem jeder, der das Glück hatte, ihm nähertreten, mit ihm zusammenarbeiten und wirken zu dürfen, ein dankbares Andenken bewahren wird. Trotz aller Ehrenbezeugungen, die sämtliche Akademien und wissenschaftlichen Gesellschaften der Welt auf sein Haupt häuften, blieb er schlicht, einfach und ohne jede Überhebung, getreu dem Satze homo sum nihil humani a me alienum puto.

Halle a. S., Dezember 1912.

Wissenschaftliche Arbeiten von Eduard Strasburger. 1867—1912[1]).

Zusammengestellt von Dr. CLEMENS MÜLLER, Bonn.

1. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen. Jahrb. f. w. Botanik 1867. Bd. V, S. 297—342.
   (Dasselbe polnisch.)
2. Über spontane Entstehung der Lebewesen (polnisch). Warschau 1867. Zeitschrift Pamitnika Nanko wego? S. 492—512.
3. Wesen und Aufgabe der Naturwissenschaften. Warschau 1867. Rede am 11. V. 1867 gehalten: Motto von HALLER:
   „Ins Innere der Natur dringt kein erschaffener Geist,
   Glückselig, wem sie nur die äußere Schale weist."
4. Befruchtung bei den Farnen. Gazety Lokarskiéj Nr. 6, 1868.
5. Die Befruchtung bei den Farnkräutern. Mém. de l'académ. imp. des sc. de St. Pétersbourg 1868. VII, t. 12, Nr. 3, 14 S., 1 Taf.
6. Zur Mechanik der Befruchtung. Briefliche Mitteilung. Bot. Zeitung Bd. XXVI, 1868, Nr. 26, S. 822—825.

---

1) Polnisch geschriebene Arbeiten sind fortgelassen. Titel der ungedruckten Dissertation ist: *Asplenium bulbiferum*. Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte des Farnblattes.

7. Die Geschlechtsorgane und die Befruchtung bei *Marchantia polymorpha* L. Jahrb. f. w. Botanik. VII. Bd., S. 409—422. 1869. Taf. XXVII—XXVIII.
8. Die Befruchtung bei den Farnkräutern. Jahrb. f. wiss Bot. 1869. VII. Bd., S. 390—408. Taf. XXV—XXVI.
9. Die Befruchtung bei den Coniferen. Mit 3 Tafeln. Jena 1869 bei HERM. DABIS. 22 S. 4°. Gewidmet Herrn Garten-Inspektor F. BAUMANN-Jena zu seinem 50jährigen Jubiläum.
10. Die Bestäubung der Gymnospermen. Jen. Zeitschr. f. Med. u. Naturw. Bd. VI. Taf. VIII. 1871. S 249—262.
11. Zur Kenntnis der Archispermenwurzel. Bot. Ztg. 1872. Bd. 30, S. 757 bis 763.
(Erwiderung auf einen Aufsatz REINKEs: ibidem S. 661. Zur Geschichte unserer Kenntnisse vom Bau der Wurzelspitze)
12. Die Coniferen und Gnetaceen. Eine morpholog. Studie mit einem Atlas von XXVI Taf. Jena 1872 (HERM. DABIS) 442 S.
13. Ein geschichtlicher Nachtrag. Bot. Ztg. Bd. XXX, S. 763—765. 1872.
14. Über *Azolla*. Mit VII Tafeln. Jena 1873 (H. DABIS) 86 S.
15. Über *Sciadopitys* u. *Phyllocladus*. Jen. Zeitschr. f. Med. u. Naturw. 1873. Bd. VII, S. 225—236.
16. Einige Bemerkungen über Lycopodiaceen. Bot. Ztg. 1873. Bd. XXXI, S. 81—93, 97—110, 113—119.
17. Sind die Coniferen Gymnospermen oder nicht? Flora 1873. S. 369—377 Bd. LVI.
18. Über die Bedeutung phylogenetischer Methoden für die Erforschung lebender Wesen. Rede, gehalten beim Eintritt in die philos. Fakultät d. Univ. Jena. Jena, F. MANKEs Verlag (später G. FISCHER) 1874. S. 1—30.
19. Über *Scolecopteris elegans* Denk., einen fossilen Farn aus der Gruppe der Marattiaceen. Mit 2 Taf. (Jena, Naturw. Ztschr.) 8. N. Fig. 1,1. S. 81—95.
20. Über RENAULTs *Sphenophyllum* und *Annularia*. Jenaische Literaturzeitung 1874, Nr. 5.
21. Über Zellbildung und Zellteilung mit VII Taf. Jena 1875. H. DABIS. 256 S.
22. Über Zellbildung und Zellteilung nebst Untersuchungen über die Befruchtung. 2. verbess. u. verm. Auflage. Mit VIII Tafeln. Jena 1876 (H. DABIS), 332 S.
23. Sur la formation et la division des cellules. Edition revue et corrigée, traduite de l'allemand avec le concours de l'auteur p. JEAN JAQUES KICK, Prof. à l'univ. de Gand. VIII tables, Jena, Londres, Paris 1876. 307 S.
24. Studien über Protoplasma. 2 Taf. Jena 1876. 56 S. Jen. Zeitschr. f. Med. u. Naturw. Bd. X, S. 395—446. Taf. XIII—XIV.
25. *Acetabularia mediterranea*. DE BARY u. STRASBURGER. Bot. Ztg. 1877. Bd. 35, Nr. 45, S. 713—728, 729—743, 745—758, Taf. XIII.
26. Über Befruchtung u. Zellteilung mit IX Taf. Jena 1877. Jen. Zeitschr. f. Med. u. Naturw. Bd. XI, S. 435—536. Taf. XXVII—XXXV.
27. Wirkung des Lichts und der Wärme auf Schwärmsporen. Jena 1878, Verlag v. G. FISCHER vormals F. MANKE. Jen. Zeitschr. f. Med. u. Naturw. Bd. XII, S. 551—625.

28. Über Polyembryonie. 1878. Jen. Zeitschr. f. Med. u. Naturw. Bd. XII, S. 647—670.
Dasselbe polnisch.

29. Über Zellteilung. Sitzungsbericht der Gesellschaft Naturforsch. Freunde zu Berlin 1879, Nr. 8, S. 117—118. (Behandelt auch Kernteilung bei *Tradescantia* u. *Spirogyra*.)

30. Die Angiospermen und die Gymnospermen. Mit XXII Taf. Jena 1879 (G. FISCHER.) 173 S.

31. Neue Beobachtungen über Zellbildung und Zellteilung mit Taf. IV. Botan. Ztg. 1879, Bd. XXXVII, S. 265—279, 281—288.

32. Über ein zu Demonstrationen geeignetes Zellteilungsobjekt. (Sitz.-Ber. Jenaische Gesellsch. f. Medizin u. Naturw.) 18. Juli 1879. Empfiehlt *Tradescantia*haare (*Tr. virginica* u. bes. *Tr. elata*).

33. Zellbildung und Zellteilung. 3. völlig umgearb. Aufl. mit XIV Taf. u. 1 Holzschnitt. Jena 1880. (G. FISCHER.) 392 S.

34. Die Geschichte und der jetzige Stand der Zellenlehre. Tageblatt der 53. Vers. deutscher Naturf. u. Ärzte 1880. Danzig. Nr. 4.

35. Einige Bemerkungen über vielkernige Zellen u. über die Embryogenie von *Lupinus*. Bot. Ztg. 1880. Bd. XXXVIII. Taf. XII. S. 845—854, 857—868.

Bis zur nächsten Veröff. 1882 längerer Zeitraum, der wohl mit der Versetzung nach Bonn zusammenhängt.

36. Über den Teilungsvorgang der Zellkerne und das Verhältnis der Kernteilung zur Zellteilung. Mit Taf. XXV—XXVII. Bonn (COHEN) 1882. 115 S. (Aus Archiv f. mikrosk. Anatomie XXI.)

37. Der Unterschied zwischen Tier und Pflanze. Deutsche Rundschau 1882. S. 79—91.

38. Über den Befruchtungsvorgang. Sitz.-Ber. d. Niederrhein. Ges. f. Natur- und Heilkunde 1882. Bd. XXXIX, S. 184—196.

39. Über den Bau und das Wachstum der Zellhäute. Mit 8 Taf. Jena, G. FISCHER 1882. 264 S.

40. Zur Entwicklungsgeschichte der Sporangien von *Trichia fallax*. Bd. XLII. Botan. Zeitg. 1884. Taf. III, S. 305—316, 321—326.

41. Die Kontroversen der indirekten Kernteilung. 2 Taf. Bonn (COHEN) 1884 (separat), auch Archiv f. mikrosk. Anatomie XXIII. S. 246—304, Taf. XIII, XIV.

42. Die Endospermbildung bei *Daphne*. Ber. d. D. Bot. Ges. 1884. Bd. II. S. 112—114.

43. Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen als Grundlage für eine Theorie der Zeugung. Mit 2 Taf. Jena (G. FISCHER) 1884. 176 S.

44. Zu *Santalum* und *Daphne*. Berichte d. D. Bot. G. 1885. 3. Bd., S. 105 bis 113, Taf. IX.

45. Über Verwachsungen und deren Folgen. B. d. D. Bot. Ges. 1885. Bd. III. S. XXIV—XL.

46. Über fremdartige Bestäubung. Jahrb. f. w. Bot. XVII. S. 50—98, 1 Fig. 1886.

47. Studien über Infektionskrankheiten. (Eine Epidemie im Pflanzenreich.) Deutsche Rundschau 1886. S. 116–131. (Über die Kartoffelkrankheit durch Phytophtora.)
48. Sur la division des nogaux cellulaires, la division des cellules et la fécondation. jour. de Bot. 1888. 16. mars.
49. Über Kern- und Zellteilung im Pflanzenreich, nebst einem Anhang über Befruchtung mit 3 Taf. Jena 1888. 258 S. Histologische Beiträge Heft I
50. Über das Wachstum vegetabilischer Zellhäute. 4 Taf., 186 S. Jena, G. FISCHER 1889. „Dem Andenken HUBERT LEITGEBs gewidmet." Histologische Beiträge Heft II.
51. Die Vertreterinnen der Geleitzellen im Siebteile der Gymnospermen. Mit Taf. I, S. 207–216. Sitz.-Ber. d. K. Pr. Akad. d. Wiss Berlin, 6. März 1890.
52. Das Protoplasma und die Reizbarkeit Rede z. Antritt des Rektorats zu Bonn, 18 X 1891 Jena, G. FISCHER. 38 S.
53. Die Wechselbeziehungen der Organismen. Deutsche Rundschau Bd. 47, 1891, Nr. 8, S. 192—207.
54. Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen. Mit 5 Taf. und 17 Abbild. im Text. Jena 1891, G. FISCHER. 1000 S. Histologische Beiträge Heft III.
55. 1. Über das Verhalten des Pollens und die Befruchtungsvorgänge bei den Gymnospermen. Taf. I u. II. S. 1—46.
56. 2 Schwärmsporen, Gameten und pflanzl. Spermatozoiden und das Wesen der Befruchtung. S. 47—158, Taf. III. Jena 1892 (G. FISCHER). Histologische Beiträge IV.
57. Über den Gang der geschlechtl. Differenzierung im Pflanzenreich und über das Wesen der Befruchtung. Atti di congresso botanico internazionale 1892. S. 53—57.
58. Über die Wechselbeziehungen im lebendigen Organismus. Deutsche Rundschau 1892. Bd. 18, H. 12, S. 415—434.
59. Zu dem jetzigen Stande der Kern- und Zellteilungsfragen. Anatom. Anzeiger VIII, 1893, Nr. 6/7, S. 177—191.
60. 1. Über das Saftsteigen. S. 1—94.
61. 2. Über die Wirkungsphäre der Kerne und die Zellgröße. S. 95—124. Jena 1893 (G. FISCHER). 124 S. Histologische Beiträge Heft V. (Ohne Taf.)
62. Botanik in „die Deutschen Universitäten" 1893. S. 73—94. (ASHER Co. Berlin.)
63. Botanische Streifzüge an der Riviera. 1893. Dtsch. Rdsch. 19, H. 4/5, S. 35—63, 220—238.
64. Zum hundertjährigen Gedächtnis an „Das entdeckte Geheimnis der Natur". Dtsch. Rdsch. 1893, Bd. 20, H. 1, S. 113–130.
65. Über periodische Reduktion der Chromosomenzahl im Entwicklungsgang der Organismen. Biol. Zbl. XIV, 1894, Nr. 23—24, S. 817—838, 849—866.
66. The periodic reduction of the number of chromosoms in the life history of living organisme. Ann. of bot. 1894, vol. VIII, S. 281—316.
67. Botan. Streifzüge a. d. Riviera. D. Rdsch. 1895. Bd. 21, S. 218–241, Heft V.

68. Karyokinetische Probleme. Jahrb. f. w. Bot. XXVIII, Heft I, 1895. 2 Taf., Taf. II, III, S. 151—204.
69. The Development of botany in Germany during the nineteenth Century. Autorised translation by GEORGE L. PEIRCE Ph. D. Bot. Gazette XX, 1895. S. 193—257.
70. Blumen im Hochgebirge. D. Rdsch. 1896. Bd. 23. H. 1 u. 2, S. 77 bis 105, 216—236.
71. Die hohe Tatra. D. Rdsch. 1897. Bd. 24, H. 1, 2, 3, S. 70—94, 250 bis 284, 364—398.
72. Eisenbahnschwellen aus Buchenholz. Köln. Ztg. 26, II, 1897, Nr. 178, Morgenausgabe.
73. Cytolog. Studien aus dem Bonner botan. Institut (OSTERHOUT, MOTTIER, JUEL, DEBSKI, HARPER, FAIRCHILD, SWINGLE). Jahrb. f. wiss. Bot. 30, auch Separat. Berlin, BORNTRAEGER 1897. 18 Taf. und 2 Holzschn.
    a) Begründung der Aufgabe bei 1—4,
    b) Kernteilung und Befruchtung bei *Ficus* S. 197—220.
    c) Über Cytoplasmastrukturen, Kern- und Zellteilung S. 221—251.
    d) Über Befruchtung S. 252—268.
74. Über den zweiten Teilungsschritt in Pollenmutterzellen. Ber. d. D. B. G. 1897. XV. H. 6, S. 327—332, 1 Taf. Zusammen mit MOTTIER.
75. Die Dauer des Lebens. D. Rdsch. 1898. Bd. 25, H. 3 u. 4. S. 90 bis 118, 402—421.
76. Die pflanzlichen Zellhäute. Jahrb. f. w. B. XXXI, H. 4, 1898, Taf. XV, XVI, S. 511—598.
77. Über Reduktionsteilung, Spindelbildung, Centrosomen und Cilienbildner im Pflanzenreich. Mit 4 Taf. 224 S. Jena 1900, G. FISCHER. Histologische Beiträge Heft VI.
78. Einige Bemerkungen zur Frage nach der „doppelten Befruchtung" bei den Angiospermen. Bd. LVIII, Bot. Ztg. 1900, S. 293—316, Abt. 2.
79. Versuche mit diöcischen Pflanzen in Rücksicht auf Geschlechtsverteilung. Biolog. Zbl. 1900, 20, Nr. 20—24, S. 657—665, 689—731, 753—785. 1 Fig.
80. Die Centralpyrenäen. D. Rdsch. 1901. Bd. 27, Nr. 4/5, 6, 7, S. 127—142, 264—295, 430—443.
81. Einige Bemerkungen zu der Pollenbildung bei *Asclepias*. Ber. d. D. B. G. 1901. H. 7, Bd. XIX, Taf. XXIV, S. 450—461.
82. Über Plasmaverbindungen pflanzlicher Zellen. Jahrb. f. w. Bot. XXXVI 1901. Taf. XIV, XV, S. 493—610.
83. Über Befruchtung. LIX. Bot. Ztg. Abt. 2. 1901. Nr. 23, S. 353—368.
84. Die Siebtüpfel der Coniferen in Rücksicht auf A. W. HILLs soeben erschienene Arbeit: The histology of the sieve-tubes of *Pinus*. (Ann. of Bot. 15 S. 575) Bot. Ztg. LX. Abt. 2. 1902. Nr. 4, S. 49—53.
85. Ein Beitrag zur Kenntnis von *Ceratophyllum submersum* und phylogenetische Erörterungen. Jahrb. f. w. Bot. XXXVII. H. 3, Taf. IX—XI. 1902. S. 477—526.
86. Botanische Streifzüge an der Riviera di Levante. D. Rdsch. 1903. Bd. 30, H. I, S. 83—111.
87. Über Reduktionsteilung. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1904 phys.-math. Klasse. Bd. XVIII, 9 Fig., S. 587—614.

88. Die Apogamie der Eualchimillen und allgemeine Gesichtspunkte, die sich aus ihr ergeben. Taf. I—IV, S. 88—164. Jahrb. f. w. Bot. XLI. 1904 H. 1.
89. Anlage des Embryosacks und Prothalliumbildung bei der Eibe nebst anschließenden Erörterungen. 2 Taf. E. HAECKEL-Festschrift (70. Gebtg.). Jena (G. FISCHER). S. 1—16, Taf. I, II 1904. Auch separat.
90. Die Samenanlage von *Drimys Winteri* und die Endospermbildung bei Angiospermen. Flora 1905 Bd. XCV, S. 215—231 mit Taf. VII, VIII.
91. Histologische Beiträge zur Vererbungsfrage. E. STR., C. E. ALLEN, K. MIYAKE, J. B. OVERTON.
    1. Typische und allotypische Kernteilung (Ergebnisse und Erörterungen). Jahrb. f. w. Bot. Bd. XLII, 1905, H. 1.
92. Die stofflichen Grundlagen der Vererbung im organischen Reiche. (Versuch einer gemeinverständl. Darstellung.) 1905. Jena. G. FISCHER. 68 S. 34 Fig. i. Text.
93. Unserer lieben Frauen Mantel. Naturwissensch. Wochenschr. N. F. IV, Nr. 4, 1905.
94. Zu dem Atropin-Nachweis in den Kartoffelknollen. Ber. d. D. B. G. 1906. Bd. 25, S. 598—600.
95. In dem Reich des Unsichtbaren. Frankfurt. Ztg. 25. Dezember 1906. Nr. 356.
96. Über die Verdickungsweise der Stämme der Palmen und Schraubenbäume. Jahrb. f. w. Bot. Bd. 43, 1906, 3 Taf., S. 580—628.
97. Zur Frage eines Generationswechsels bei Phaeophyceen. Bot. Ztg. 1906. Bd. 64, Abt. II, Nr. 1, S. 1—7.
98. Die Ontogenie der Zelle seit 1875. 1907. Progressus rei botanicae. T. 1, S. 1—138, 40 Textfig.
99. Über die Individualität der Chromosomen und die Pfropfhybridenfrage. Jahrb. f. w. Bot. 1907. Bd. XLIV, Taf. V—VII, S. 482—555.
100. Frühlingstage in Portofino. D. Rdsch. 1907. Bd. 31, H 2, S. 238—251.
101. Apogamie bei *Marsilia*. XCVII. Flora 1907. Taf. III—VIII, S 123—191.
102. Einiges über Characeen und Amitose. WIESNER-Festschrift 1907. S. 24 bis 47. 1 Taf. Wien.
103. Chromosomenzahlen, Plasmastrukturen und Reduktionsteilung. Taf. I bis III. Jahrb. f. w. Bot 1908. Bd. XLV, H. 4, S. 479—570
104. In dem Reich des Unsichtbaren. Mikrokosmos II. H. 7—8, 1908, S. 97 bis 100. (Traumhafte Wanderung zwischen Schimmelpilzen und Schleimpilzen u. a.). (Ähnlich in Frankf. Ztg. 25. Dez. 1906.)
105. Meine Stellungnahme zur Frage der Pfropfbastarde. Ber. d. D. B. G. 1909. Bd. 27, H. 8, S. 511—528.
106. The minute structure of cells in relation to heredity. DARWIN and modern science. Cambridge 101—111.
107. Zeitpunkt der Bestimmung des Geschlechts, Apogamie, Parthenogenesis und Reduktionsteilung. 3 Taf., 124 Seiten. 1909. G. FISCHER, Jena. Histolog. Beiträge Heft VII.
108. Die Chromosomenzahlen der *Wikstroemia indica* (L.) C. A. Mey. Ann. jard. bot. Buitenzorg. 2. ser. suppl. III. 1909. S. 13—18. TREUB-Festschrift.

109. Das weitere Schicksal meiner isolierten weiblichen *Mercurialis-annua*-Pflanzen. Zeitschr. f. Botan. I. H 8, 1909, S. 507—524, 1 Taf.
110. Sexuelle und apogame Fortpflanzung bei Urticaceen. PRINGSHEIMs Jahrb. Bd. XLVII, 1910, S. 245—288, Taf. VII—X.
111. Chromosomenzahl. Flora Bd. C, 1910, Taf. VI, S. 398—446.
112. Über geschlechtsbestimmende Ursachen. PRINGSHEIMs Jahrb. Bd. XLVIII, 1910, Taf. IX, X, S. 427—520.
113. Der feinere Bau der Zellen und die Erblichkeit. Neue Weltanschauung 1910. H. 1, S. 12—19 Dasselbe entspricht „DARWIN and modern science". Festschrift für DARWINs 100. Geburtstag.
114. Kernteilungsbilder bei der Erbse. Flora 102. H. 1, 1911, S. 1—23. 1 Tafel.
115. Über Wirkungen des Lichtes auf die Pflanzen. D. Rdschau? wo erschienen?? wann?
116. Bonner Lehrbuch. 1. Aufl. 1894 bis XI. Aufl. 1911.

Lehrbuch-Übersetzungen:

italienisch: I trad. ital. d. Dott. CARLO AVETTA, Milano 1896,
englisch: A Textbook of Botany translat. by H. C. PORTA, first ed. 1898 second. ed. 1903,
russisch: 1898 übersetzt,
japanisch: in Vorbereitung durch MIYAKE.

117. Das Kleine botan. Praktikum. 1. Aufl. 1884 bis 6. Aufl. 1908.
118. Das Große botan. Praktikum. 1. Aufl. 1884 bis 5. Aufl. im Erscheinen.
119. Streifzüge an der Riviera. 1. Aufl. 221 S. 1895, 2. Aufl. Jena 481 S. 1904, 3 Aufl. im Erscheinen. Übersetzt: englisch.
120. Pflanzl. Zellen- und Gewebelehre. Im Erscheinen. 1912. Kultur der Gegenwart. III. IV. Bd. 2. I Botanik, S. 1—174, 77 Fig. im Text.
121. Sammelreferat JUSTs Jahresbericht 1873. S. 201—207. Spezielle Morphologie der Coniferen.
122. Ebenso der Cycadeen, Coniferen und Gnetaceen. 1874, S. 471—473, 1875, S. 410—419, 1876, S. 424—431.
123. Ebenso der Gymnospermen. 1877, S. 339—344.

Sir Joseph Hooker.

Von
A. Engler.

Da Hooker, am 30. Januar 1817 geboren, als Sohn eines berühmten Botanikers aufgewachsen war und seit 1855 über die großen Schätze der Royal Gardens und des Royal Herbarium in Kew verfügen konnte, in vollster körperlicher Rüstigkeit und geistiger Frische ein Alter von beinahe 95 Jahren erreichte, so ist es nicht zu verwundern, daß der Umfang seiner botanischen Publikationen ein ganz bedeutender ist. Aber schon 1865, als Joseph Hooker nach dem Tode seines Vaters Sir William Jackson Hooker die Direktion des Botanischen Gartens in Kew übernahm, hatte er die pflanzengeographischen Schriften verfaßt, welche seinen Namen verewigen.

Von seinen äußeren Lebensverhältnissen soll hier nur das erwähnt werden, was für seine wissenschaftliche Wirksamkeit von Bedeutung gewesen ist. Er wurde zu Halesworth in Suffolk als Sohn von William Hooker geboren, welcher von 1820 bis 1841 als Professor der Botanik in Glasgow wirkte und darauf die Direktion von Kew erhielt. So machte der junge Hooker seine Studien in Glasgow und wurde schon 1839 zum D. M. kreiert. Seine durch Lesen von Reisebeschreibungen bestärkte Neigung, die Welt zu sehen und noch wenig bekannte Gebiete zu erforschen, fand zunächst Befriedigung darin, daß er als Arzt und Botaniker an der antarktischen Expedition der Schiffe Erebus und Terror unter James Clarke Ross teilnehmen durfte. So lernte er in den Jahren 1840—1843 die Vegetation von Neu-Seeland, Australien, Tasmanien, Kerguelen, Feuerland und den Falklands-Inseln kennen.

Nach seiner Rückkehr wurde er Assistent des Professors Graham in Edinburgh, und 1845 trat er als Botaniker in den Dienst der Geological Survey of Great Britain. Aber schon im November 1847 verließ er im Auftrage der Regierung England, um drei Jahre der botanischen Erforschung des nördlichen Indiens zu widmen. Im Januar 1848 begann er mit der Erforschung der Gangesebene und von Behar und traf Mitte April in Darjeeling ein, welches als Ausgangspunkt für zweijährige Erforschung von

Sikkim und des östlichen Nepal, sowie der nach Tibet führenden Pässe diente. Seine botanischen Exkursionen führten ihn bis zu Höhen von 6000 m ü. M. 1850 bereiste er zusammen mit seinem Freunde Dr. THOMAS THOMSON Ost-Bengalen, Chittagong, Silhet und die Khasia-Hills. Die Jahre 1851 bis 1855 waren mit eifriger Bearbeitung der Resultate aller dieser Expeditionen ausgefüllt; aber dann wurde er als Assistent-Direktor seines Vaters in Kew sehr durch Verwaltungsgeschäfte in Anspruch genommen. Doch hatte er auch in dieser Stellung 1860 Gelegenheit, eine interessante Reise nach Syrien und Palästina zu unternehmen, bei welcher auch die Cedernwälder des Libanon untersucht wurden. Seit 1865 Direktor von Kew, erhöhte er den Ruf dieser großartigen botanischen Anstalt nach jeder Richtung, vor allem durch wissenschaftliche Verwertung der Sammlungen und durch Erweiterung der ökonomischen Abteilung, sodann auch durch liberale Verteilung der Dubletten seiner Sammlungen an andere Museen. Als Direktor von Kew unternahm HOOKER noch zwei größere botanische Reisen, nämlich 1871 in Gesellschaft von J. BALL und G. MAW nach Marokko und dem großen Atlas, 1877 in Gesellschaft von ASA GRAY und Dr. HAYDEN nach Colorado, Wyoming, Utah, den Rocky Mountains, der Sierra Nevada und Kalifornien. 1885 gab er die Direktion von Kew auf und zog sich nach seinem Landsitz The Camp in Sunningdale zurück, wo er, umgeben von ihm besonders lieben Bäumen, Sträuchern und Stauden, an der Seite seiner über sein körperliches Wohl sorgsam wachenden Gemahlin bis zu seinem Lebensende fortdauernd wissenschaftlich tätig war und sich namentlich dem Riesenwerk der Flora of British India (1872—1897), dem Botanical Magazine und den Icones plantarum widmete. Nur wenige Wochen vor seinem Tode wurde er von der Arbeit ferngehalten. Daß HOOKER für seine vielfache erfolgreiche Tätigkeit alle wissenschaftlichen Ehrungen, die nur möglich waren (er war auch seit 1854 korrespondierendes, seit 1904 auswärtiges Mitglied der Königl. Preußischen Akademie der Wissenschaften und Ritter des Ordens pour le mérite), zuteil wurden, ist nicht zu verwundern; aber er war auch bei dem lebhaften Interesse seiner Landsleute für Botanik und wegen seiner Verdienste um die Hebung von Kew, sowie bei seiner außerordentlichen persönlichen Liebenswürdigkeit einer der beliebtesten und geachtetsten Gelehrten Englands. So war es natürlich, daß der Familie HOOKERs die Aufnahme seiner Leiche in der Westminster-Abtei angeboten wurde; doch hatte er selbst den Wunsch ausgesprochen, in der Familiengruft auf dem alten Kirchhof von Kew im Grabe seines Vaters beerdigt zu werden.

J. D. Hooker war im wesentlichen systematischer Botaniker, aber ein solcher mit weitem Blick. In jungen Jahren beschäftigte er sich eifrig mit kryptogamischen Studien; so veröffentlichte er 1840 mit Harvey Arbeiten über indische Moose, und 1844—1847 war er stark mit der Bearbeitung der antarktischen Kryptogamen beschäftigt. Auch fossile Pflanzen erregten sein Interesse; so bearbeitete er 1842 fossile Hölzer von Tasmanien, veröffentlichte 1848 Studien über die Vegetation der Steinkohlenperiode und eine andere paläobotanische Arbeit 1855. Bei besonders interessanten Blütenpflanzen unterließ er es auch nicht, deren anatomische Verhältnisse zu berücksichtigen, so in seinen Abhandlungen über die Balanophoren (1855), über die Entwicklung der Schläuche von *Nepenthes* (1859) und über *Welwitschia* (1863). Seine Hauptstärke lag in der Blütenanalyse und in der Verwertung derselben zur Feststellung der systematischen Verwandtschaft. Mit der Umgestaltung des Systems, entsprechend den zeitweiligen Einzelforschungen, befaßte er sich weniger, als dies die deutschen Systematiker auf Grund der morphologischen Studien taten. Das System wurde mehr als Hilfsmittel für die speziellen botanischen Studien angesehen, weniger als Ausdruck unserer Kenntnisse von den verwandtschaftlichen Beziehungen der Familienreihen zueinander, obgleich Hooker sehr wohl solchen Fragen seine Aufmerksamkeit schenkte. Die praktischen Rücksichten im Gebrauch des Systems überwogen, und so wurde denn bei allen von Kew ausgehenden Publikationen, namentlich den zahlreichen Kolonialfloren, das System, welches dem von Hooker und Bentham 1865—1893 veröffentlichten Monumentalwerk der „Genera plantarum“ zugrunde gelegt wurde, beibehalten. Nun aber zu den Verdiensten Hookers um die Pflanzengeographie.

J. D. Hooker war derjenige Botaniker, welcher zuerst die Entwicklungsgeschichte einzelner Florengebiete darzustellen versuchte und durch seine umfassenden Kenntnisse auch in der Lage war, auf die dabei in Betracht kommenden systematischen Fragen einzugehen. Schon im Jahre 1846 war er in der günstigen Lage, an der Hand der reichen Sammlungen Darwins von den Galapagos-Inseln sich in das Studium der merkwürdigen Flora dieses Archipels vertiefen zu können, einer Flora, welche wie wenig andere durch den reichen Endemismus der gesamten Inselgruppe und durch die zahlreichen vikariierenden Formen der einzelnen Inseln zum Nachdenken über die Ursache so eigenartiger, in wenigen kontinentalen Gebieten auftretender Verhältnisse anregen mußte. Hooker geht den einzelnen Arten nach, sondert die

endemischen Formen von den eingewanderten, untersucht die Verbreitungsmittel der letzteren, erwägt bei den einzelnen Arten die Möglichkeit des Transports durch Meeresströmungen, Wind, Vögel und den Menschen und kommt zu dem Resultat, daß die nicht endemische Flora des Archipels vom Isthmus von Panama herstamme. Der Endemismus der Galapagos-Inseln gibt HOOKER Gelegenheit, über die Entstehung und Erhaltung desselben nachzudenken und die auf den Galapagos-Inseln herrschenden Verhältnisse mit denen anderer Inselgebiete zu vergleichen: ein Thema, das ihn später noch mehrfach beschäftigte. Zwölf Jahre nach der Herausgabe der Schrift über die Galapagos (1859), ausgerüstet mit den auf langen Reisen gesammelten Erfahrungen, nachdem kurz vorher (1858) DARWIN (hauptsächlich auf das Betreiben von HOOKER und LYELL) sowie auch WALLACE im „Journal of the Linnean Society, Zoology III" ihre Hypothesen über die Entwicklung der Arten ausgesprochen hatten, unternahm es HOOKER, auf Grund seiner weitgehenden botanischen Forschungen in den antarktischen Ländern seine Anschauungen von der Entwicklung der Florengebiete und der in ihnen enthaltenen Floren-Elemente auszusprechen. Sein „Introductory essay to the flora of Tasmania" mit dem vollständigen Titel „On the flora of Australia, its origin, affinities and distribution" ist zweifellos die gedankenreichste Schrift dieses hervorragenden Botanikers. In derselben werden die Variationserscheinungen im Pflanzenreich sowie die allgemeinen Erscheinungen der Pflanzenverbreitung in der Gegenwart und Vergangenheit besprochen. Hierbei kommt HOOKER auch auf die Inselfloren und die Analogien, welche zwischen ihnen und den Gebirgsfloren bestehen, zu sprechen; ferner weist er darauf hin, wie die Inselfloren je nach ihrem geologischen Alter verschieden sind, daß die gegenwärtigen Existenzbedingungen die Erscheinungen der Pflanzenverbreitung nicht erklären, daß vielmehr die Eiszeit einen großen Einfluß auf dieselbe gehabt habe. Hieran schließt sich eine Analyse der australischen Flora; es wird die Verbreitung der in Australien vertretenen Familien verfolgt, die tropisch australische Flora mit der anderer tropischer Länder, namentlich Ost-Indiens, verglichen, die Flora des südöstlichen extratropischen Australiens der des südwestlichen und südlichen gegenübergestellt, die Flora Tasmaniens nach ihren Beziehungen zum übrigen Australien, zu Neu-Seeland, Europa und anderen Ländern analysiert, ferner auf die antarktischen, südafrikanischen und „europäischen" Elemente in Australien hingewiesen, endlich auch die fossile Flora Australiens mit der der Gegenwart verglichen. Ein

Jahr später (1860) legte HOOKER der Linnean Society (Transactions Linn. Soc. XXIII, 1861, 251—348) seine „Outlines of the distribution of arctic plants“ vor, in der er jedoch den Fehler machte, alle im arktischen Zirkel vorkommenden Pflanzen als arktische anzusehen; er wurde dadurch zu dem nicht haltbaren und später namentlich von CHRIST bekämpften Ergebnis geführt, daß die arktische Flora ihre Heimat in Skandinavien habe, während sie doch großenteils nach der Glazialperiode aus dem temperierten Asien eingewandert ist. 1866 machte HOOKER die Eigentümlichkeiten der Inselfloren zum Gegenstand seiner Untersuchungen und verkündete seine Ansichten in der British Association zu Nottingham. In die Anschauungen DARWINs eingelebt, versuchte HOOKER die endemische Inselvegetation durch eine Umwandlung kontinentaler Arten zu erklären. Der Annahme ehemaliger Landverbindungen zwischen den Inseln und den Kontinenten widerstrebend, sieht HOOKER auch in den endemischen Formen der Inselgebiete Einwanderer, aber, was besonders wichtig ist, Einwanderer aus älteren Perioden. Mit Entschiedenheit spricht er sich dafür aus, daß jede Inselflora durch die Einwanderung zu einem Kontinent in Verbindung steht, nicht immer zu dem nächstliegenden, so die Azoren zu Europa, St. Helena und Ascension zu Afrika, die Kerguelen-Inseln zum Feuerland; er stellt ferner fest, daß im allgemeinen, den durch die Rotation der Erde abgelenkten Bewegungen des Wassers und der Winde vom Pol zum Äquator entsprechend, die Einwanderungen in der Richtung von Osten nach Westen erfolgen. Zum ersten Male sehen wir auch in dieser Abhandlung bei der Erklärung pflanzengeographischer Erscheinungen durch HOOKER einen Faktor berücksichtigt, an den man bis dahin wenig gedacht hatte: das Verhältnis der Pflanzen zu den Insekten. Die geringere Fortpflanzungsfähigkeit der endemischen Inselgewächse führt HOOKER zum Teil darauf zurück, daß die zur Befruchtung notwendigen Insekten mit den Pflanzen, von denen sie leben, zugleich seltener werden müssen. Auch darin zeigt sich HOOKERs Scharfblick, daß er die spärliche Vertretung einjähriger Gewächse auf den Inseln hervorhebt; er sieht den Grund hierfür in dem auf den Inseln herrschenden Raummangel, welcher die Ausbreitung der bei den einjährigen Pflanzen die Fortpflanzung allein bewerkstelligenden Samen beschränkt.

Die Florengebiete, deren Kenntnis HOOKER besonders förderte, sind hauptsächlich folgende. Zunächst die von ihm bereisten des australen Florenreiches. In dem großen, oben erwähnten Werk über die botanischen Ergebnisse der antarktischen Expedition der

Schiffe „Erebus“ und „Terror“ werden die Arten der einzelnen von ihm besuchten Länder aufgezählt und die Floren derselben analysiert, die Elemente derselben festgestellt und die Beziehungen der einzelnen Länder sowie die Möglichkeiten des Pflanzenaustausches zwischen ihnen besprochen. Die beiden ersten Bände (1847) behandeln Feuerland und die antarktischen Inseln, die beiden nächstfolgenden (1853) Neu-Seeland, dessen Flora er 1863 zum zweitenmal im Handbook of the New Zealand Flora zusammenstellte, die beiden letzten 1860 die Flora Tasmaniens, denen der theoretisch so wichtige Introductory Essay, auf dessen Inhalt wir bereits hingewiesen haben, voranging. Als die Challenger-Expedition zurückkehrte, gab HOOKER 1879 in den Philosophical Transactions der Royal Society eine Aufzählung der auf den Kerguelen-Inseln vorkommenden Pflanzen, knüpfte daran einen Vergleich dieser Flora mit den übrigen desselben Florenreiches und stellte die starken verwandtschaftlichen Beziehungen zum austral-antarktischen Amerika fest. Die Schrift über die Galapagos wurde bereits erwähnt.

Zur Flora des tropischen Afrikas lieferte HOOKER Beiträge in seiner Niger Flora (1849), die bei der damaligen unvollständigen Kenntnis der Pflanzenwelt dieses Gebietes etwas verfrüht war, ferner in der Bearbeitung der von G. MANN auf dem Clarence Peak von Fernando Po und auf dem Kamerunberg gesammelten Pflanzen, welche zu interessanten pflanzengeographischen Ausführungen Veranlassung gab. Sehr wertvoll war das 1878 von HOOKER gemeinsam mit JOHN BALL herausgegebene Reisewerk „Journal of a tour in Morocco and the Great Atlas“; die Verfasser begnügten sich nicht mit der Darstellung der Reise und eingefügten Vegetationsschilderungen, sondern sie gaben auch eine Anzahl wissenschaftlicher Anhänge, so HOOKER einen Vergleich zwischen der Flora der kanarischen Inseln und der Marokkos, auch einen Vergleich zwischen der Gebirgsflora des tropischen Afrikas und derjenigen Marokkos.

Die größten Verdienste erwarb sich HOOKER um die Kenntnis der Flora Britisch-Indiens. Wohl hatten schon ROXBURGH, WALLICH, ROYLE, WIGHT und WALKER-ARNOTT die Kenntnis der vorderindischen und himalayensischen Flora wesentlich gefördert; aber erst durch GRIFFITH, J. D. HOOKER und THOMSON erhielt die wissenschaftliche Welt einige Vorstellung von der Zusammensetzung der wichtigeren Vegetationsformationen. Die 1847 erschienenen „Works of the late Griffith“ enthalten neben dem interessanten Reisejournal auch viele Untersuchungen morpholo-

gisch interessanter Pflanzen Ostindiens, denen in neuerer Zeit die Botaniker auch wieder Beachtung schenkten. Dann folgten aber J. D. Hookers und Thomsons Reiseberichte, welche auch heute noch fast die einzigen fachmännischen Schilderungen der vorderindischen Vegetation sind. 1848 erschienen die „Observations made when following the grand trunk road in the Soane Valley; and on the Kumaon branch of the Vindya hills", 1849 die an Hookers Vater gerichteten Berichte über die botanische Reise in die Ghats und in den Himalaya (Hookers Journal of botany 1); darauf folgten 1854 die vortrefflichen „Himalayan Journals" und 1855 der „Introductory essay to the flora indica" von Hooker und Thomson.

Die großartigste Leistung aber war Hookers „Flora of British India", ein Werk von 7 starken Bänden, zu deren Abfassung er nur wenig Mitarbeiter heranzog. In den Jahren 1872—1875 wurde der erste Band geliefert, 1879 der zweite, 1882 der dritte, 1885 der vierte abgeschlossen, und die drei letzten Bände erschienen 1890, 1894, 1897. Diese Flora ist unschätzbar für alle, welche sich mit der Vegetation Indiens und des tropischen Asiens überhaupt beschäftigen; denn den sehr knapp gehaltenen, nur die wesentlichen Merkmale der einzelnen Arten hervorhebenden Beschreibungen sind kritische Bemerkungen und Notizen über die Verbreitung jeder Art auch außerhalb Indiens, sowie solche über verwandte Arten in Niederländisch-Indien beigegeben. Aber nicht genug, daß Hooker als (freilich fast jugendlich frischer) Greis von 80 Jahren dieses Werk zum Abschluß brachte, er übernahm auch, als Trimen, der Verfasser einer Flora von Ceylon, nach dem Abschluß des dritten Bandes (1895) verschieden war, den vierten und fünften Band dieses Werkes bis 1900 fertigzustellen. Endlich hat er noch im Jahre 1904 auf Wunsch der indischen Regierung für den „Imperial Gazetter of India" eine kurze Schilderung der Vegetation von Indien (A sketch of the Flora of British India) verfaßt, welche pflanzengeographisch sehr wertvoll ist, weil in ihr auch eine floristische Gliederung des großen Gebietes durchgeführt ist.

Hookers Verdienste um die Herausgabe der Abbildungswerke „Botanical Magazine" und „Icones plantarum" wurden schon berührt; namentlich die letzteren sind für Pflanzensystematik sehr wichtig; so hatte er im Jahre 1895 in letzterem Werke 100 indische Orchideen abgebildet und beschrieben.

Die innigen freundschaftlichen Beziehungen, welche Hooker mit Charles Darwin verbanden und dem letzteren sehr förder-

lich waren, trugen auch gute Früchte für die botanische Systematik. CH. DARWIN hatte sehr oft den Mangel eines Lexikons der Pflanzenarten bei seinen Arbeiten unangenehm empfunden, und so entschloß er sich, eine sehr beträchtliche Summe für die Herausgabe eines solchen zu hinterlassen, mit dem Wunsche, daß Sir JOSEPH HOOKER die Oberleitung bei der Herstellung desselben übernehmen möchte. So kam unter seiner Direktion und der energischen Redaktion von JACKSON der „Index Kewensis" zustande, welcher alle seit LINNÉ aufgestellten Arten von Blütenpflanzen mit Angabe des Autors, des Zitats und der Heimat aufführt. Im einzelnen ist natürlich an dem Index manches auszusetzen; aber der Nutzen desselben ist ein ganz außerordentlicher.

Im persönlichen Verkehr mit Sir JOSEPH HOOKER war sehr wohltuend die Anerkennung der Verdienste anderer Fachgenossen und namentlich auch die Pietät gegen alle Vorgänger auf seinen zahlreichen Arbeitsgebieten, sehr im Gegensatz stehend zu der so häufigen Überhebung vieler Gelehrten, welche nur mit einem gewissen Mitleid die Arbeiten ihrer Vormänner betrachten. Diese Pietät veranlaßte HOOKER auch zur Abfassung zweier Schriften, welche für die Geschichte der Botanik von Wichtigkeit sind. So gab er 1896 das „Journal of the Right Hon. Sir JOSEPH BANKS during Captain COOK's first voyage 1768—71" heraus. Dieser und SOLANDER waren der Expedition des „Endeavour" als Naturforscher beigegeben, und JOS. BANKS hatte von dieser Reise ein Herbarium von fast 1000 australischen Arten mitgebracht, welche von ihm zum ersten Male gesammelt worden waren. Im Jahre 1902 veröffentlichte HOOKER die Biographie seines Vaters Sir WILLIAM HOOKER in den „Annals of Botany" nach zweijährigen Studien für dieselbe. Diese Biographie ist zugleich eine Geschichte des Botanischen Gartens und des Herbariums von Kew sowie eine Fundgrube für die Geschichte der systematischen Botanik und Pflanzengeographie in der Zeit von 1820—1865, da der große Vater des großen Sohnes seinerzeit mit allen bedeutenderen Fachgenossen in regem wissenschaftlichen Verkehr stand. Der Drang nach Tätigkeit, verbunden mit Scharfblick und praktischem Geschick, war bei beiden Männern gleich entwickelt, und so haben sie, allerdings auch begünstigt durch ihre Stellung, zum Ausbau der Botanik ungewöhnlich viel beigetragen.

Am 10. Dezember 1911 verschied Sir JOSEPH HOOKER, der sich in letzter Zeit noch stark mit einer Monographie der Gattung *Impatiens* beschäftigte, auf seinem Landsitz in Sunningdale.

Franz Buchenau.

Von
GEORG BITTER.

Trotzdem BUCHENAU schon seit mehreren Jahren dahingeschieden ist, erscheint es doch wohl angemessen, dem Wunsche verschiedener seiner älteren Freunde folgend, ihm nachträglich in den Berichten der Deutschen Botanischen Gesellschaft einen Nachruf zu widmen, zumal da er der Gesellschaft vom Jahre ihrer Gründung an angehört hat und stets ein eifriges Mitglied derselben gewesen ist[1]).

Die äußeren Lebensumstände können an dieser Stelle um so kürzer behandelt werden, als sie von seinem langjährigen Freunde, Dr. W. O. FOCKE, zum Teil auf Grund von BUCHENAUs autobiographischen Aufzeichnungen ziemlich ausführlich in den Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, Bd. XIX, 1—24 sowie kürzer in „Bremische Biographie des 19. Jahrhunderts", Bremen, GUSTAV WINTER 1912, 63—71[2]) dargestellt worden sind; in dem hier folgenden Berichte soll vornehmlich auf seine reiche botanische schriftstellerische Tätigkeit hingewiesen werden, besonders auf diejenigen Arbeiten, die von bleibendem Werte für botanische Morphologie und Systematik sind.

FRANZ GEORG PHILIPP BUCHENAU wurde am 12. Januar 1831 zu Kassel geboren, wo sein Vater Hauptkassierer an der Kurhessischen Landes-Kreditkasse war; die kinderreiche Familie lebte in einfachen Verhältnissen, und das Elternhaus scheint wenig zur Förderung des lebhaften Geistes des jungen FRANZ beigetragen zu haben. Bis zum 14. Jahre besuchte er das Gymnasium, auf dem

1) Die Verzögerung erklärt sich daraus, daß der Nachruf ursprünglich von einem anderen Autor übernommen war, der sein Manuskript indessen wieder zurückzog. Red.

2) Die Bedeutung seiner Arbeiten für die Bereicherung der topographischen Kenntnisse über Bremen und seine engere Umgebung erfuhr an anderer Stelle volle Würdigung (siehe Bremisches Jahrbuch, herausgegeben von der Histor. Gesellsch. des Künstlervereins XXII 1909. Bremen, NÖSSLER. S. V—VII.

sich seine spezifischen Fähigkeiten wenig zeigten, erst als er aus Sparsamkeitsgründen von seinem Vater auf die neugegründete Realschule geschickt wurde, vermochte er seine Veranlagung besser zu entwickeln, so daß der Vater ihn nunmehr der Höheren Gewerbeschule (sog. „Polytechnischen Schule") zuführte, um ihm den Weg zum Universitätsstudium zu öffnen. Zwei Lehrer förderten den für Naturwissenschaften frühzeitig interessierten Schüler besonders, die beide später eine hervorragende Geltung als Forscher erlangten, WILHELM DUNKER (der Begründer der Zeitschrift „Palaeontographica", geboren 1809, seit 1854 Prof. der Mineralogie in Marburg, † 1885) und RUDOLF AMANDUS PHILIPPI (gleich bekannt als Botaniker wie als Zoologe (geboren 1808, 1853—1897 Direktor des Museo Nacional in Santiago de Chile, wo er eine außerordentlich vielseitige Tätigkeit entfaltete und die biologischen Kenntnisse über seine zweite Heimat durch zahlreiche Untersuchungen erweiterte, † 1904). Diese beiden ausgezeichneten Lehrer beschränkten ihre Anregungen nicht auf den Unterricht in der Schule, sondern führten den eifrigen Schüler auch auf Touren und im persönlichen Verkehr in die verschiedenen Zweige der Naturwissenschaften ein. Wenn auch der Unterricht in der Polytechnischen Schule im übrigen in mancher Hinsicht mangelhaft war, so erwarben die Schüler doch andrerseits mancherlei praktische Kenntnisse, beispielsweise mußten sie einfache chemische Analysen selber ausführen.

Einer mit Auszeichnung bestandenen Abgangsprüfung folgten im Herbst 1848 die Studienjahre in Marburg und (im April 1850) in Göttingen; besonders an der letzteren Universität wurde er durch BARTLING und GRISEBACH zu systematischen und pflanzengeographischen Studien angeregt und trat besonders mit dem durch seine klassische Arbeit über den Bau der Mooskapsel bekannten Privatdozenten SKATO LANTZIUS-BENINGA in engere persönliche Berührung. Nach dem Staatsexamen fungierte er ein halbes Jahr als Lehramtskandidat an der Realschule in Kassel, deren Schüler er früher gewesen war. In Marburg führte er auf WIGANDs Veranlassung seine Dissertation „Beiträge zur Entwickelungsgeschichte des Pistills" aus und erwarb den Doktorgrad im Frühling 1852.

Aber sogar in diesen stillen und sich selbst genügenden Entwickelungsgang eines Schulamtskandidaten griffen die reaktionären Bestrebungen der den Umwälzungen von 1848 folgenden Jahre, die besonders in Kurhessen jene allbekannten, gehässigen Verfolgungen freiheitlich gesinnter Männer zeitigten, wiederholt störend

ein. Während Buchenaus Probekandidatenzeit wurde der Direktor der Realschule, Heinrich Graefe, ein ausgezeichneter Schulmann (der später die Veranlassung zu Buchenaus Anstellung in Bremen gab), seines Amtes entsetzt. In noch drastischerer Weise fand das erste selbständige Lehramt Buchenaus an der Rödigerschen Privatschule in Hanau ein Ende: diese Anstalt war wegen ihrer Beliebtheit ein störender Konkurrent der in Hanau bestehenden Staatsschule; eines Tages betraten nun ein Gendarm und zwei bayerische Soldaten (die bekannten „Strafbayern") mit aufgepflanztem Bajonett während Buchenaus Unterricht die Klasse, der Gendarm untersagte die Fortsetzung des Unterrichts unter Androhung von Geldstrafe und erklärte die Schule für aufgelöst. Es erscheint durchaus natürlich, daß Buchenau wegen dieser unerhörten Vergewaltigung den ihm nahegelegten Übergang an die Staatsschule entrüstet ablehnte. Nachdem er eine Zeitlang Privatunterricht erteilt hatte, wurde er im Frühling 1853 Hauslehrer bei einem Bankier in Frankfurt a. M., aber etwa nach einem Jahre gab er diese Stellung plötzlich auf; offenbar fühlte sich der junge Hauslehrer, der bisher ein stilles, nur seinen Studien gewidmetes Leben geführt hatte, den gesellschaftlichen Anforderungen des vornehmen Frankfurter Patrizierhauses nicht gewachsen. 1854 wurde er Lehrer an den Garnierschen Erziehungsanstalten in Friedrichsdorf bei Frankfurt, wo er sich sehr wohl fühlte, besonders durch den Verkehr mit einem neben ihm als Lehrer wirkenden Kandidaten der Theologie, Günther Lange, dessen frischer, kraftvoller Sinn und vorurteilsloses Denken auf den durch Erziehung und trübe Lebenserfahrungen verschüchterten Buchenau sehr vorteilhaft einwirkten. Die in ihm schlummernde Energie erwachte, und trotzdem er von zierlichem, ja sogar schwächlichem Körperbau war und oft unter Migräne-Anfällen litt, erstarkte er durch die Wanderungen mit diesem tüchtigen (auch im späteren Leben bewährten) Manne, dem er in seiner Autobiographie ein dankbares Gedenken bewahrt.

Das Jahr 1855 ist der bedeutendste Wendepunkt in Buchenaus Leben: in diesem Jahre wurde er auf Veranlassung seines früheren Lehrers und dann Direktors an der Kasseler Realschule, des aus Kurhessen vertriebenen Professors Heinr. Graefe, an die neugegründete „Bürgerschule" in Bremen als Hilfslehrer berufen (1. Oktober 1855).

Der neue Wirkungskreis bot ihm neben den stets mit Eifer und Geschick ausgeführten Arbeiten des Berufs eine Fülle von Aufgaben, sowohl naturwissenschaftliche als auch topographische

und historische. In die eigenartigen, in sich abgeschlossenen Verkehrsverhältnisse der alten Hansestadt in den fünfziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts fand er sich überraschend schnell hinein. Stets bewahrte er eine gewisse Zurückhaltung gegenüber extremen Neuerungen, war aber trotzdem dem Fortschritt speziell in wissenschaftlicher Hinsicht zugetan. Durch seine frische, lebendige Art und sein nunmehr stärker erwachtes Bedürfnis, auch im geselligen Verkehr der leitenden Kreise mit seinen Bestrebungen Anklang zu finden, gewann er schon als verhältnismäßig junger Mann eine geachtete Stellung unter den Gebildeten der Stadt; seine liebenswürdige, stets anregende Unterhaltung und der Eifer, mit dem er seinen Aufgaben nachging, erleichterten ihm die Anknüpfung von wertvollen Bekanntschaften, die ihm besonders schon für sein erstes größeres Werk „Die freie Hansestadt Bremen und ihr Gebiet", in erster Auflage 1862 erschienen, sehr zustatten kamen. Seine frische selbständige Beobachtung und seine verständnisvolle Einfühlung in die bremischen Verhältnisse verliehen diesem gründlichen Werke, das in den weiteren Auflagen (II: 1882; III: 1900) noch dauernd mit großem Fleiß ergänzt wurde, einen außerordentlichen Wert. In den ersten Jahren seiner Tätigkeit in Bremen veröffentlichte er eine Reihe kleinerer, sorgfältiger Arbeiten (meist in der Flora und in der Botan. Zeitung) über die Blütenentwicklung und teilweise auch die gesamte Morphologie verschiedener, ihn in der neuen Umgebung besonders interessierender Gewächse (*Alisma*, *Butomus*, *Narthecium*, *Valerianella*, *Litorella*, *Cornus suecica*, *Limosella*, *Ulex*, *Corydalis claviculata*, *Cotula coronopifolia*, *Empetrum*, *Hedera*, die Lentibulariaceen, *Glaux*, *Lobelia Dortmanna*, *Triglochin*, *Hydrocotyle*). Frühzeitig machte sich auch bereits seine Vorliebe für das Studium gewisser Monokotylen-Familien, der Juncaginaceen, Alismataceen, Butomaceen und dann vor allem der Juncaceen geltend.

Erst mehrere Jahre nach seiner Anstellung in Bremen kam er durch gemeinsames Streben auf dem Gebiete der Floristik in nähere Berührung mit seinem späteren Freunde, Dr. med. WILHELM OLBERS FOCKE. Dieser hatte 1855 mit zwei Kollegen (KOTTMEIER und DREIER) anonym ein Fundortsverzeichnis von Pflanzen unter dem Titel „Flora Bremensis" erscheinen lassen. 1862 regte BUCHENAU ein Zusammenarbeiten zur Schaffung eines Zentralherbariums der Bremer Flora an.

Hier mögen einige Mitteilungen über die wichtigeren Stationen seines späteren Lebenslaufes vorweggenommen werden. Im Jahre 1861 verheiratete sich BUCHENAU mit META ADAMI, die einer

angesehenen Bremer Familie entstammte; in 44jähriger, glücklicher Ehe hatten beide die Freude, fünf Kinder, drei Söhne und zwei Töchter, heranwachsen zu sehen; von den Söhnen haben zwei gelehrte Berufe gewählt, der jüngste ist Kaufmann geworden. Nach dem Tode Graefes wurde Buchenau 1868 Direktor der Bürgerschule und erhielt den Professortitel; unter seiner Leitung wurde die Schule in eine Realschule nach preußischem Muster umgewandelt. Nach der notwendig gewordenen Gründung einer zweiten gleichartigen Realschule am Doventor wurde er Direktor dieser Schule (1876), wo er den Vorteil einer an der schönen Wallpromenade gelegenen Dienstwohnung genoß. Über 25 Jahre war er dann Direktor dieser Anstalt; 1903 trat er nach der Feier seines 50jährigen Amtsjubiläums in den Ruhestand.

Das Streben Buchenaus nach naturwissenschaftlicher Belehrung weiterer Kreise fand zunächst seinen Ausdruck in drei größeren Vortragsreihen in den Wintern 1859/60—1862/63, die unter so großem Beifall und dauernder Beteiligung stattfanden, daß Buchenau, gestützt auf seine vielseitigen Bekanntschaften mit Gelehrten und Kaufleuten, es unternehmen konnte, die gesamten naturwissenschaftlichen Bestrebungen zu einer Gesellschaft zusammenzuschließen; Dr. W. O. Focke, der wohl am besten die Vorgänge bei der Gründung des Naturwissenschaftlichen Vereins (Herbst 1864) kennt, bezeichnet Buchenau geradezu als „den“ Begründer des Vereins. Buchenau blieb von der Gründung an lange Zeit Schriftführer des Vereins, als welcher er durch Jahre hindurch wohl die Hauptarbeitslast auf sich nahm; zum Vorsitzenden wählte man auf Buchenaus Betreiben einen allgemein beliebten Gelehrten, den Apotheker G. C. Kindt, nach dessen Tode (1869) der durch seine Untersuchungen über Infusorien bekannte Dr. Gustav Woldemar Focke die Leitung übernahm (gest. 1877). Erst nach dem Rücktritt des 3. Vorsitzenden, des ausgezeichneten Ornithologen Dr. Gustav Hartlaub (1887) wurde Buchenau die Leitung des Vereins übertragen, die er 15 Jahre innehatte. Seiner großen Arbeitsfreudigkeit verdankt der Verein sein Aufblühen in den ersten 40 Jahren, seine finanzielle Sicherung und — zum großen Teil wenigstens — sein Ansehen in der wissenschaftlichen Welt. Die „Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins“, die vom Jahre seiner Gründung an erschienen, hatten bei Buchenaus Tode den 19. Band erreicht. Wenn in ihnen auch zahlreiche über den Bereich des provinziellen Interesses hinausgehende Arbeiten von anderen Forschern zu finden sind, so überwiegen doch Buchenaus Studien neben denen

des langjährigen Redakteurs der „Abhandlungen", W. O. FOCKE, alle übrigen bei weitem an Umfang und meist auch an Bedeutung. Aber auch in anderen Zeitschriften, so ENGLERs botan. Jahrbüchern, PRINGSHEIMs Jahrbüchern, den Berichten der Deutschen Botan. Gesellschaft und der Botan. Zeitung erschienen mehrfach Untersuchungen des unermüdlichen Arbeiters.

Besondere Erwähnung verdienen noch seine organisatorischen Leistungen bei der Einrichtung und dauernden Durcharbeitung der umfangreichen botanischen Sammlungen im Städtischen Museum Bremens. An die früher angedeutete Einrichtung des Zentral-Herbars für die bremische Flora und die Ausgestaltung des allgemeinen Herbars schloß sich später die Schaffung besonderer Spezialherbarien für die Flora der ostfriesischen Inseln sowie für die nordwestdeutsche Tiefebene, welche die Grundlagen für seine zusammenfassenden Arbeiten auf diesen Gebieten bildeten. Dem Herbarium generale aber galt seine besondere Sorgfalt, an je zwei Vormittagen in jeder Woche verbrachte er mehrere Stunden in der botanischen Abteilung des Städtischen Museums, um sich freiwillig an den Ordnungsarbeiten zu beteiligen. Zahlreiche Zuwendungen an Pflanzen und kleineren Abhandlungen über einzelne Arten oder Gattungen hat er dem Herbar gemacht und durch Aufforderungen zur Bearbeitung an Spezialisten diese Sammlungen auf einen hervorragenden Stand gebracht. Auch für die kryptogamischen Sammlungen hat er stets durch Beschaffung von literarischen Hilfsmitteln und Unterstützung von speziellen Studien im deutschen Nordwesten gesorgt.

Wiederholt sind unter seiner Redaktion Sammlungen von auswärtigen Expeditionen bearbeitet worden; die bedeutendste war die aus dem Nachlaß des auf Madagaskar ermordeten bremischen Forschungsreisenden CHRISTIAN RUTENBERG stammende Pflanzensammlung, die er in Verbindung mit mehreren Spezialisten als Reliquiae Rutenbergianae veröffentlicht hat.

Er war an dem Zustandekommen der Ethnographischen Ausstellung von 1872 und an den Beratungen zur Gründung der Moorversuchsstation in Bremen beteiligt; auch manche weitgehende zunächst nicht zur Verwirklichung gelangende Pläne, wie die Einrichtung eines botanischen Gartens sowie die Gründung eines „Akademischen Instituts" (etwa in der Richtung der erst viel später zustande gekommenen Hochschulkurse) fanden schon in den 70er Jahren seine lebhafte Teilnahme.

Das große Ansehen und die einflußreiche Stellung, die BUCHENAU sich in den beiden ersten Jahrzehnten seiner Wirk-

samkeit in Bremen erworben hatten, blieben ihm jedoch nicht dauernd erhalten. Der Eigensinn, mit dem er manche Lieblingsgedanken auch gegen den Willen anderer durchzusetzen suchte, stieß besonders die weniger mit seinen wirklichen Leistungen Vertrauten ab, und seine Freunde entdeckten andererseits an ihm in manchen Organisationsfragen Mangel an Konsequenz. Sein Bedürfnis, bei allen ihn interessierenden Angelegenheiten als Autorität zu gelten und um Rat gefragt zu werden, bewirkte schließlich, daß man ihn oft überhaupt nicht zu den Beratungen hinzuzog. Auch sein manchmal allzu stark hervortretendes Bestreben, den jüngeren für Naturwissenschaften interessierten Elementen der Stadt für ihre Studien die ihm erwünschte Richtung zu geben, entfremdete ihm manche; trotzdem aber standen ihm auch später, als er lange Jahre den Vorsitz im Naturwissenschaftlichen Verein inne hatte, eine ganze Anzahl tüchtiger einheimischer Gelehrten als treue Mitarbeiter zur Seite und wenn er in seiner unermüdlichen Belehrungsfreude auch vielfach selbst die Lücken in den Vortragsabenden ausfüllte, so gelang es ihm doch stets, auswärtige Autoritäten auf den verschiedenen naturwissenschaftlichen Gebieten zu Vorträgen zu gewinnen und so die Gesamtleistungen des Vereins für die Öffentlichkeit stets auf der Höhe zu erhalten. Im Jahre 1890 war er zweiter Geschäftsführer der 63. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Bremen. 1894 führte ihn eine mehrmonatliche Reise nach Nordamerika, die ihm wertvolle Einblicke in die Flora der Vereinigten Staaten gewährte und ihm besonders durch die Anknüpfung persönlicher Bekanntschaft mit hervorragenden amerikanischen Systematikern förderlich war.

Mehr und mehr konzentrierte sich seine Tätigkeit auf seine größeren botanischen Arbeiten, in denen er in den letzten Jahrzehnten immer mehr Befriedigung fand; daneben ging ein reger brieflicher Verkehr mit deutschen und ausländischen Botanikern; in jugendlicher Frische konnte er über die jüngsten Resultate seiner Studien plaudern, und seine Begeisterung für den naturwissenschaftlichen Fortschritt übte auch noch im höheren Alter auf seine Umgebung einen anfeuernden Einfluß aus.

Zur Bewunderung nötigte sein heroischer Kampf gegen ein schweres Darmleiden, das sich schon sechs Jahre vor seinem Tode in besorgniserregender Weise bemerkbar machte und 1902 zu einer Operation führte, die er verhältnismäßig gut überstand. Die äußerst schmerzhaften Anfälle und die Beschwerden der dauernden Operationswunde ertrug er mit Gleichmut; die abgeklärte Heiterkeit des Greisenalters als Frucht eines ungemein regsamen, langen Lebens

machte sich auch an diesem früher so schwer zu befriedigenden, ehrgeizigen Manne geltend. Unermüdlich strebte er trotz der schweren Hemmungen seiner Krankheit danach, seine botanischen Monographien zu Ende zu führen; das Bewußtsein, seine größeren wissenschaftlichen Leistungen in den Kreisen der morphologischen und systematischen Botaniker allgemein anerkannt zu sehen, gab ihm jene ruhige Selbstsicherheit, die wenig mehr von der oft sarkastischen Schärfe seiner jüngeren Jahre zeigte.

Nachdem er 1903 sein Amt als Schuldirektor niedergelegt hatte, widmete er noch mehr Zeit als früher den freiwillig seit Jahren ohne irgendeine Entschädigung ausgeführten Ordnungsarbeiten im Herbar des Städtischen Museums.

Dreiviertel Jahre vor seinem Tode verlor er seine Gattin, die schon längere Zeit leidend gewesen war; auch diesen schweren Schlag suchte er durch Arbeit zu überwinden. Kurz vor seiner letzten Erkrankung traf zu seiner großen Freude sein jüngster Sohn, der Kaufmann, aus Durango mit seiner Familie zu Besuch bei ihm ein. Er schien noch frisch und den Umständen nach wohl, als ich ihn, wenige Tage vor seinem Tode, zum letzten Mal im Städtischen Museum sah. An einer plötzlichen Lungenentzündung ist er nach kurzem Kranksein am 23. April 1906 gestorben.

Nach einer Photographie, die ein Jahr vor seinem Hinscheiden hergestellt war, ist ein vortrefflich gelungenes Bildnis BUCHENAUs dem 19. Bande der Abhandl. Naturw. Ver. Bremen vorgeheftet worden.

BUCHENAUs bedeutende Leistungen für die Organisation des von ihm gegründeten und durch Jahrzehnte geleiteten Bremer Naturwissenschaftlichen Vereins sind von Dr. W. O. FOCKE mit Recht nachdrücklich gewürdigt worden. Schon jetzt lassen sich wegen des Abstandes einiger Jahre seit seinem Hinscheiden seine Leistungen objektiver und günstiger beurteilen als zu seinen Lebzeiten, wo manchmal sein Bedürfnis, die eigene Person mehr als nötig zur Geltung zu bringen, die Anerkennung seines Wirkens beeinträchtigte; das Fehlen seiner eigenartigen Persönlichkeit ist den auf verwandten Gebieten tätigen Mitarbeitern und Nachfolgern in Bremen schon oft recht fühlbar zum Bewußtsein gekommen.

Er verstand es in geradezu erstaunlicher Weise, besonders während der ersten Jahrzehnte seiner Anwesenheit in Bremen, wohlhabende Mitbürger, auch solche, die kein besonderes Interesse

für Naturwissenschaften besaßen, zu größeren Spenden an den Naturwissenschaftlichen Verein zu bewegen, die hauptsächlich der Vermehrung der literarischen Hilfsmittel in den biologischen Wissenschaften, besonders der Anschaffung wertvoller botanischer Tafelwerke dienten. So hat er allein recht eigentlich durch seine organisatorische Tätigkeit den Grundstock für die Möglichkeit speziell systematisch-botanischer Arbeit in Bremen gelegt. Später allerdings erfuhr er, wie auch bei manchen anderen von ihm vorgeschlagenen Verbesserungen und Neuschöpfungen, häufig Abweisung, da er das Interesse der Laien für die von ihm gepflegten speziellen Teile der biologischen Wissenschaften vielfach überschätzt hatte und man seine immer von neuem wiederholten Wünsche störend empfand.

Die von Buchenau gesammelten Erfahrungen über die Floristik des deutschen Nordwestens sind in drei größeren selbständig erschienenen Werken niedergelegt, 1. der zuerst 1877 veröffentlichten Flora von Bremen, die es wegen ihrer Benutzung als Bestimmungsbuch an den höheren Schulen Bremens bei Buchenaus Tode auf 6 Auflagen gebracht hat und von der zurzeit eine nur wenig veränderte neue Auflage in Vorbereitung ist; 2. der Flora der ostfriesischen Inseln (I. Aufl. 1881; II. Aufl. 1891; III. Aufl. 1896; IV. Aufl. 1902) und 3. dem umfassenden Hauptwerk: Flora der nordwestdeutschen Tiefebene 1894, sowie: Kritische Nachträge zur Flora der nordwestdeutschen Tiefebene 1904. Wenn auch betont werden muß, daß Buchenau in diesen Floren die Resultate der Arbeiten einer größeren Zahl von Floristen zusammenfaßte und daß er besonders durch W. O. Focke, der Nordwestdeutschland auf vielen Wanderungen gründlicher erforscht hat (besonders den Unterlauf der Weser, den Regierungsbezirk Stade und die ostfriesischen Inseln), erst auf manche kritische Formen aufmerksam gemacht worden ist, so ist doch die morphologische Darstellung und die gewissenhafte Zusammenfassung aller brauchbaren Notizen ausschließlich Buchenaus Werk; bis zu seinem Tode bildete er den allgemein anerkannten Mittelpunkt floristischer Bestrebungen in Nordwestdeutschland.

Auch zur Geschichte der naturwissenschaftlichen Arbeit im deutschen Nordwesten hat Buchenau mancherlei Beiträge geliefert, nicht bloß durch Nekrologe verschiedener neuerer Botaniker, sondern auch durch Darstellung der Leistungen älterer Forscher.

Nicht übergehen darf ich seine Bestrebungen in formal-morphologischer Hinsicht, die auf eine genauere Anwendung der Ausdrücke in der morphologischen Terminologie hinzielten, mit

denen er aber nicht recht durchgedrungen zu sein scheint. Dieses oft allzu sehr ins rein Formale gehende Streben machte sich besonders auch in seinen Besprechungen der Werke anderer geltend, in denen er bisweilen nicht bloß wirkliche Verstöße rügte, sondern sogar Druckfehler erwähnte.

Den für die botanische Wissenschaft wichtigsten Teil von BUCHENAUs Arbeit bilden die Monographien verschiedener Pflanzenfamilien, in ENGLERs Pflanzenreich, von denen die Tropaeolaceae als 10. Heft 1902, die Scheuchzeriaceae, Alismataceae und Butomaceae zusammen als 16. Heft 1903 und die Juncaceae als 25. Heft 1906 erschienen sind, nachdem er bereits im Jahre 1890 von der letzteren Familie eine gründliche Bearbeitung in ENGLERs Jahrbüchern unter dem Titel: „Monographia Juncacearum" hatte erscheinen lassen. Alle diese Arbeiten, besonders aber die über die Juncaceen, sind auf Grund langjähriger Studien und unter sorgfältiger Benutzung der Literatur entstanden. In ihnen prägt sich am deutlichsten die Eigenart seines Geistes aus: die scharfe Diagnostizierung, geschickte Auswahl der Bestimmungsmerkmale und in den allgemeinen Teilen große Sorgfalt im Studium des morphologischen Aufbaus. Die anatomische Untersuchung der betreffenden Familien hat er dagegen, vielleicht mit einziger Ausnahme der Juncaceen, weniger gefördert, so ließ er z. B. die Zeichnungen vom anatomischen Aufbau der bäumchenartigen kapländischen Juncacee *Prionium serratum* (Bibliotheca botan. Heft 27) durch den damals noch in Bremen angestellten Prof. H. KLEBAHN ausführen, auch sonst ließ er sich bezüglich anatomischer Fragen gern von anderen beraten. Alle die Pflanzenfamilien, denen er bereits im jüngeren Lebensalter sein Interesse zugewandt hatte, vermochte er noch in den letzten Jahren vor seinem Tode zusammenfassend zu behandeln, das Erscheinen der Juncaceen im Pflanzenreich hat er allerdings nicht mehr erlebt. So liegt sein Lebenswerk abgeschlossen vor uns, ein rühmliches Beispiel deutschen Gelehrtenfleißes.

Im folgenden sind von BUCHENAUs zahlreichen Publikationen nur die botanischen aufgezählt; es erschien mir zweckmäßig, sie nach den behandelten Disziplinen zu sondern, da so eine bessere Übersicht über den Umfang seines Schaffens gegeben wird. Wertvolle Dienste leistete mir dabei ein rein chronologisches Verzeichnis der botanischen Druckschriften, das FOCKE im 20. Bande der Abhandl. Nat. Ver. Bremen, S. 73—90, auf Grund von BUCHENAUs

eigenen Aufzeichnungen gegeben hat. Weggelassen habe ich die zahlreichen Aufsätze in den Tageszeitungen, die zum großen Teil von nur ephemerem Interesse sind, sowie die kritischen Besprechungen von Werken anderer Botaniker, die er besonders in der Botan. Ztg. seit 1873 regelmäßig veröffentlicht hat und die er, wie es scheint, sämtlich mit peinlicher Genauigkeit unter seinen Schriften aufführt. Trotz dieser seiner außerordentlich eingehenden Buchführung über seine botanische Produktion ist es mir doch gelungen, mehrere kleinere, selbständige Arbeiten aufzufinden, die er zu verzeichnen versäumt hat; auch im übrigen bedurften seine Aufzeichnungen mancherlei Korrekturen. Nicht erwähnt werden in der folgenden Aufzählung natürlich seine Biographien über nichtbotanische Gelehrte, ferner die ziemlich zahlreichen Schriften Buchenaus zur Landeskunde des deutschen Nordwestens, soweit sie rein topographischen, geognostischen oder meteorologischen Inhalts sind, weiter die in regelmäßigen Abständen von ihm in den Abhandlungen Nat. Ver. Brem. veröffentlichten Verzeichnisse über die naturwissenschaftlich-geographische Literatur Nordwestdeutschlands, endlich mehrere nebensächliche zoologische Notizen. Die im X. und XX. Bande der Abhandl. Nat. Ver. Bremen veröffentlichten Gesamtregister geben darüber (X, 576, 577, 580; XX, 376) erschöpfenden Aufschluß. Im übrigen sei noch auf Fockes kurze Zusammenfassung dieser nichtbotanischen Schriften Buchenaus in Abhandl. Nat. Ver. Bremen XIX, S. 17, 18, verwiesen.

I. *Juncaceae.*

Über *Juncus pygmaeus* Rich. und *J. fasciculatus* Schousboe; Botan. Ztg. XXIII, 1865, S. 205—208.

Der Blütenstand der Juncaceen; Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik IV (1865), 385—440. Mit Tafel XXVIII—XXX.

Zwei neue *Juncus*-Arten aus dem Sikkim-Himalaya, gesammelt von J. D. Hooker und Thomson; Botan. Ztg. XXV, 1867, 145—148.

Über die Skulptur der Samenhaut bei den deutschen Juncaceen; daselbst XXV, 1867, 201—206, 209—211.

Juncus effusus vittatus, eine für botanische Gärten beachtenswerte Demonstrationspflanze; daselbst XXV, 1867, 315—316.

Übersicht der in den Jahren 1855—57 in Hochasien von den Brüdern Schlagintweit gesammelten Butomaceen, Alismaceen, Juncaginaceen und Juncaceen. Göttinger gelehrte Anzeigen 1869, Nr. 13, S. 237—258.

Kleinere Beiträge zur Naturgeschichte der Juncaceen; Abh. Nat. Ver. Brem. II, 1870, 365—404.

Noch einige Beobachtungen über die Bestäubung von *Juncus bufonius* L.; Botan. Ztg. XXIX (1871), Nr. 50, Spalte 845—852.

Zwei neue *Juncus*-Arten aus dem Himalaya und eine merkwürdige Bildungs-Abweichung im Blütenstande der einen Art; Abh. Nat. Ver. Brem., III, (1872), 292—296.

Über einige von LIEBMANN in Mexiko gesammelte Pflanzen; daselbst, III, 339—350 (Juncaceae, Alismaceae, Najadaceae).

Über die von MANDON in Bolivia gesammelten Juncaceen und einige andere südamerik. Pflanzen dieser Familie; daselbst, IV (1874), 119—134. Mit Tafel III und IV.

Die Deckung der Blattscheiden bei *Juncus*; daselbst, IV, 135—138.

Monographie der Juncaceen vom Cap; daselbst IV (1875), 393—512. Mit Tafel V—XI.

Über den Querschnitt der Kapsel der deutschen *Juncus*-Arten; Flora, LX, 1877, 86—90, 97—105. Mit Tafel III.

Über den quergebänderten *Juncus effusus* L.; Abh. Nat. Ver. Brem. V (1878), 648, 649.

Kritische Zusammenstellung der bis jetzt bekannten Juncaceen aus Südamerika; Abh. Nat. Ver. Brem. VI (1879), 353—431. Mit Tafel III und IV.

Kritisches Verzeichnis aller bis jetzt beschriebenen Juncaceen nebst Diagnosen neuer Arten. Herausgegeben vom Naturwissenschaftl. Verein zu Bremen. 1880. Bremen. C. ED. MÜLLER. VIII und 112 Seiten.

Vorkommen europäischer *Luzula*-Arten in Amerika; Abh. Nat. Ver. Brem. VI (1880), 622—624.

Die Verbreitung der Juncaceen über die Erde; ENGLERs Botan. Jahrb. I (1880), 104—141.

Gefüllte Blüten von *Juncus effusus* L.; Abh. Nat. Ver. Brem. VII (1882), 375, 376.

Eine verkannte deutsche Phanerogame (*Juncus anceps* Lah. var. *atricapillus* Buch.). Ber. Deutsch. bot. Ges. I, 1883, 487—493.

Juncus balticus Willd. auf Borkum; daselbst, VIII (1884), 537, 538.

Die Juncaceen aus Indien, insbesondere die aus dem Himalaya; ENGLERs Bot. Jahrb. VI (1885), 187—232. Mit Tafel II, III.

Kritische Zusammenstellung der europäischen Juncaceen; daselbst VII (1886), 153—176.

Über die Randhaare (Wimpern) von *Luzula*; Abh. Nat. Ver. Brem. IX (1886), 293—299; dazu: Nachtrag daselbst S. 319.

Die Juncaceen aus Mittelamerika; Flora, LXIX (1886), 145—155, 161—170.

Juncaceae in ENGLER-PRANTL, Die natürl. Pflanzenfamilien, II, 5, 1886, S. 1—7.

Über eine trügerische Form von *Juncus effusus* L.; Verhandl. Bot. Ver. Prov. Brand. XXXI (1890), 231—236.

Monographia Juncacearum; ENGLERs Botan. Jahrb. XII (1890), 1—495. Mit Tafel I—III; dazu Nachträge aus der Zeit des Druckes der „Monographia Juncacearum" daselbst, S. 622.

Über Knollen- und Zwiebelbildung bei den Juncaceen; Flora LXXIV (1891), 71—83.

Über die Bestäubungs-Verhältnisse bei den Juncaceen; Jahrb. f. wissenschaftl. Bot. XXIV (1892), 363—424. Mit Tafel XI, XII.

Über den Aufbau des Palmiet-Schilfes (*Prionium serratum* Drège) aus dem Caplande; Bibliotheca botanica, Heft XXVII (1893), 1—26. Mit 3 Tafeln.

Juncaceae africanae; ENGLERs Botan. Jahrb. XXI (1895), 192, 193.

Studien über die australischen Formen der Untergattung *Junci genuini*; daselbst XXI (1895), 258—267.

Luzula campestris und verwandte Arten; Österr. Botan. Zeitschr., XLVIII (1898), 161—167, 209—220, 243—246, 284—297. Mit Tafel VII.

E Ules brasilianische Juncaceen; Englers Botan. Jahrb. XXVI (1899), 573—579.

Juncaceae (antillanae) in Urban, Symb. antillanae. I (1900), 495—498.

Juncaceae Pentherianae in A. Zahlbruckner, Plantae Pentherianae. Annal. k. k. naturh. Hofmus. XV (1900), 13.

Nachträge II zu den Juncaceae in Engler-Prantl, Nat. Pflanzenfam. S. 9.

Marsippospermum Reicheï Fr. B., eine merkwürdige neue Juncacee aus Patagonien. Ber. Deutsch. Bot. Gesellsch. XIX (1901), 159—170. Mit Tafel VII.

Eine neue *Juncus*-Art aus Japan. Notizblatt d. Kgl. Botan. Gartens u. Mus. Berlin (1901), Nr. 26, S. 127, 128.

Juncus textilis Buchenau. Eine bemerkenswerte neue Pflanzenart aus Kalifornien; Abh. Nat. Ver. Brem. XVII (1903), 336—340. Mit Tafel VI.

Juncaceae in Sodiro, Plantae ecuadorenses, III.; Beiblatt Nr. 78 zu Englers Botan. Jahrb. XXXIV (1904), 9—10.

Juncaceae in Diels, Beiträge zur Flora des Tsin ling shan und andere Zusätze zur Flora von Central-China. Englers Bot. Jahrb. XXXVI, Beiblatt 82 (1905), 12—19.

Juncaceae in Engler, Das Pflanzenreich, IV, 36; Heft 25, 1906.

II. *Alismataceae, Butomaceae, Juncaginaceae (Scheuchzeriaceae).*

Über die Blütenentwicklung von *Alisma* und *Butomus;* Flora, XL, 1857, 241—254. Mit Tafel IX.

Dipseudochorion, novum *Alismacearum* genus; Flora 1865, Nr. 16, 241—246.

Über die Sproßverhältnisse in der Gattung *Triglochin;* Amtl. Ber. über die 40. Versamml. deutsch. Naturf. u. Ärzte, Hannover im Sept. 1865, 1866, 178—180.

Index criticus Juncaginacearum hucusque descriptarum; Abhandl. Nat. Ver. Brem. I. 1867, 213—224.

Index criticus Butomacearum Alismacearumque hucusque descriptarum; Abhandl. Nat. Ver. Brem. II. 1869, 1—49.

Über die Richtung der Samenknospe bei den Alismaceen; Pringsheims Jahrb. f. wiss. Bot. VII, 1869, 19—33. Mit Tafel II.

Übersicht der in den Jahren 1855—1857 in Hochasien von den Brüdern Schlagintweit gesammelten Butomaceen, Alismaceen, Juncaginaceen und Juncaceen; Göttinger gelehrte Anzeigen 1869 Nr. 13, 237—258.

Nachträge zu den im ersten und zweiten Bande dieser Abhandlungen veröffentlichten kritischen Zusammenstellungen der bis jetzt beschriebenen Butomaceen, Alismaceen und Juncaginaceen; Abh. Nat. Ver. Brem. II, 1871, 481—503.

Über die „Gemination" im Blütenstande der Alismaceen; Botan. Ztg. XXX, 1872, Sp. 17—22.

Eigentümlicher Bau der Blattspitze von *Scheuchzeria palustris* L. daselbst XXX, 1872, Sp. 139.

Zum Gattungs-Charakter von *Damasonium;* Abh. Nat. Ver. Brem. III, 1872, 301, 302.

Beiträge zur Kenntnis der Butomaceen, Alismaceen und Juncaginaceen. ENGLERs Botan. Jahrb. II (1882), 465—510.

Juncaginaceae, Butomaceae, Alismaceae in ENGLER-PRANTL, Natürl. Pflanzenfam. II, 1, 222—234.

Ein Fall von Saison-Dimorphismus in der Gattung *Triglochin*; Abh. Nat. Ver. Brem. XIII, 1896, 408—412.

Echinodorus? Schinzii Fr. Buchenau in SCHINZ Beiträge z. Kenntn. d. afrik. Flora; Bull. Herb. Boiss. IV, 1896, 413, 414.

Rautanenia, novum genus *Alismatacearum*; Bull. Herb. Boiss. V, 1897, 854—856,

Scheuchzeriaceae, Alismataceae, Butomaceae in ENGLER-PRANTL, Natürl. Pflanzenfam., Nachträge II, 1900, S. 2, 3.

Scheuchzeriaceae (IV, 14), Alismataceae (IV, 15), Butomaceae (IV, 16) in ENGLER, Das Pflanzenreich 1903.

Alismataceae in DIELS, Beiträge und Nachträge zur Flora von Zentral-China in Beiblatt Nr. 82 zu ENGLERs Botan. Jahrb. XXXVI, 1905, S. 4.

Eine neue Butomaceen-Gattung (*Ostenia*); Abh. Nat. Ver. Brem. XIX, 1907, 23, 24.

III. *Tropaeolaceae.*

Bildungsabweichungen der Blüte von *Tropaeolum;* Abh. Nat. Ver. Brem. V, 1878, 599—641. Tafel XIV.

Berichtigungen zu dem Aufsatze über *Tropaeolum;* Bot. Ztg. XXXVI, 1878. Sp. 317.

Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Tropaeolum;* ENGLERs Botan. Jahrb. XV. 1892, 180—259.

Der Blütenbau von *Tropaeolum*; Abh. Nat. Ver. Brem. XIII, 1896, 383—407.

Beiträge zur Kenntnis der Gattung *Tropaeolum;* ENGLERs Bot. Jahrb. XXII, 1896, 157—183.

Zur Kenntnis der Gattung *Tropaeolum;* ENGLERs Botan. Jahrb., XXVI, 1899, 580—588.

Tropaeolaceae in ENGLER, Das Pflanzenreich, 10. Heft, 36 Seiten mit 14 Figuren, 1902.

Tropaeolaceae in SODIRO, Plantae ecuadorenses; Beiblatt 78 zu ENGLERs botan. Jahrb. XXXIV, 1904, S. 11—13.

IV. Nordwestdeutsche Floristik.

Nachträge und Berichtigungen zur Flora Bremensis; Abh. Nat. Ver. Brem, I, 1866, 1—46.

Das Wuchern der *Elodea canadensis;* Botan. Ztg. XXVII 1869, 175, 176.

Bemerkungen über die Flora der ostfriesischen Inseln, namentlich der Insel Borkum; Abh. Nat. Ver. Brem. II, 1870, 201—216.

(Zusammen mit W. O. FOCKE) Die Salicornien der deutschen Nordseeküste, daselbst III, 1872, 199—211.

Bemerkungen über die Flora von Fürstenau; daselbst III, 1872, 277—291.

Empetrum nigrum und eine sibirische *Ribes*-Art auf Steingräbern; daselbst III, 1872, 299—301.

Standorte einiger selteneren oder bemerkenswerten Pflanzen der Gegend zwischen Bremerhaven und Bederkesa; daselbst III, 1873, S. 377, 378.

Arngast und die Oberahnschen Felder, eine geographisch-botanische Skizze; daselbst III, 1873, 525—545.

Weitere Beiträge zur Flora der ostfriesischen Inseln; daselbst IV, 1875, 217—277.

Mitteilungen über die Flora von Rehburg; daselbst V, 1876, 139—156.

Die Flora der Maulwurfshaufen; Landwirtschaftl. Versuchsstationen XIX, 1876, 176—185.

Flora von Bremen. Verlag von C. Ed. Müller in Bremen 1877. II. Aufl. daselbst 1879, III. Aufl. Verl. von M. Heinsius in Bremen 1885 (durch Standorte seltenerer Pflanzen von Oldenburg ergänzt als „Flora von Bremen und Oldenburg", IV. Aufl. 1894, V. Aufl. 1901 (M. Heinsius Nachf. Leipzig), VI. Aufl. 1906).

Statistische Vergleichungen in betreff der Flora von Bremen; Abh. Nat. Ver. Brem. V, 1877, 467—478.

Notizen über Rehburg; daselbst V, 481—486.

Zur Flora von Borkum; daselbst V, 511—522.

Zur Flora von Spiekerooge; daselbst V, 523, 524.

P. F. Curiës Anleitung, die im mittleren und nördlichen Deutschland wildwachsenden und angebauten Pflanzen zu bestimmen. Leipzig 1878, Hinrichssche Buchhandlung.

Bemerkungen über die Formen von *Cardamine hirsuta* L.; Abh. Nat. Ver. Brem. VI. 1879, 329—332.

Bemerkungen über die Flora der Insel Neuwerk und des benachbarten Strandes bei Duhnen; daselbst VI, 1880, 619—622.

Fernere Beiträge zur Flora der ostfriesischen Inseln: daselbst VII, 1880, 73—82.

Flora der ostfriesischen Inseln. Norden und Norderney. Herm. Braams 1881; II. Aufl. daselbst 1891; III. Aufl. Leipzig. Engelmann 1896; dazu Nachtrag S. 187—213 mit dem Text der III. Aufl. als IV. Aufl. 1901.

Das Centralherbarium der nordwestdeutschen Flora; Abh. Nat. Ver. Brem. VIII, 1884, 535, 536.

Juncus balticus Willd. auf Borkum; daselbst VIII, 1884, 537, 538.

Eine verkannte deutsche Phanerogame; Ber. d. Deutsch. bot. Ges. I, 487—493.

Zur Flora von Rehburg; Abh. Nat Ver. Brem. VIII, 1884, 589, 590.

Carex punctata Gaudin in Deutschland; daselbst IX, 1885, 139, 140.

Aus den städtischen Sammlungen für Naturgeschichte und Ethnographie in Bremen; daselbst IX, 1885, 245—256.

Berichte über die neuen floristischen Entdeckungen in Nordwestdeutschland, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. III, 1885, S. CXVI, CXVII; daselbst Bd. IV, 1886, S. CLXX—CLXXII; Bd. V, 1887, S. CV—CVI; Bd. VI 1888, S. CXXV; Bd. VII, 1889, S. (95), (96); Bd. VIII, 1890, S. (126) bis (128); Bd. IX, 1891, S. (128)—(130); Bd. X, 1892, S. (88), (89).

Vergleichung der nordfriesischen Inseln mit den ostfriesischen in floristischer Beziehung; Abh. Nat. Ver. Brem. IX, 1887, 361—384.

Der Hülsenbestand beim Dorfe Buchholz; Abh. Nat. Ver. Brem. IX, 1887, 419 bis 421 (bereits 1886 in der Weser-Ztg. vom 7. Juli gedruckt)

Melilotus albus × *macrorrhizus* (zusammen mit Dr. W. O. Focke); daselbst X, 1887, 203, 204.

Die Standortskarten von Gewächsen der nordwestdeutschen Flora; daselbst X, 1888, 241—245.

Über die Vegetationsverhältnisse des „Helms" (*Psamma arenaria*) usw. siehe unter „Morphologie".

Die Pflanzenwelt der ostfriesischen Inseln in Festschrift des Naturwiss. Vereins, gelegentl. des 25jähr. Bestehens des Vereins 1889, 245—264.

Tabelle zum Bestimmen der Familien in CURIËs Anleitung. J. C. HINRICHS' Verlag.

Zur Geschichte der Einwanderung von *Galinsoga parviflora* Cav.; Abh. Nat. Ver. Brem. XII, 1893, 551—554.

Flora der nordwestdeutschen Tiefebene. Leipzig. ENGELMANN 1894, XV u. 550 Seiten.

Die Verbreitung von *Oryza clandestina* Al. Br.; Botan. Ztg., LII, 1894 Heft IV, 83—96; II. Abhandlung daselbst Heft XI, 201—206.

Kritische Studien zur Flora von Ostfriesland. Abh. Nat. Ver. Brem. XV, 1897, 81—112.

Aus dem städtischen Museum für Natur-, Völker- und Handelskunde: Geschichte der botan. Sammlungen; daselbst XV, 116—132.

Flora der Umgebung von Rehburg in R. MICHAELIS, Bad Rehburg 1897, S. 6—9.

Zur Flora der ostfriesischen Insel Borkum: in KNEUCKER, Allgem. botan. Ztschr., III, 1897, 92—96; dazu Nachtrag S. 147.

Die Ulmen im Bremer Walde bei Axstedt in Festschr. d. 45. Vers. deutscher Philologen u. Schulmänner in Bremen 1899, S. 157—162; später nochmals abgedruckt in Abh. Nat. Ver. Brem. XVIII, 1906, 462—464.

Über zwei Gräser der ostfriesischen Inseln; Abh. Nat. Ver. Brem. XV, 1901, 285—296.

Die Flora der Maulwurfshaufen; daselbst, XV, 297—306.

Der Wind und die Flora der ostfriesischen Inseln; Abh. Nat. Ver. Brem. XVII, 1903, 552—577.

Kritische Nachträge zur „Flora der nordwestdeutschen Tiefebene". Leipzig. ENGELMANN, 1904, VI u. 74 S.

Aus dem städtischen Museum für Natur-, Völker- u. Handelskunde: Geschichte der botan. Sammlungen III.: Abh. Nat. Ver. Brem. XIX, 1907, 25—44.

V. Außereuropäische Floristik.

Über die Flora des arktischen Ostgrönland, Zeitschr. f. d. ges. Naturwissensch. N. F. 1872 VI, 210—213.

Botanik in „Die zweite deutsche Nordpolarfahrt". Bd. II. Leipzig, BROCKHAUS 1874, zusammen mit W. O. FOCKE die „Gefäßpflanzen" S. 13—61.

Reliquiae Rutenbergianae I; Abh. Nat. Ver. Brem. VII, 1880. 1—54 (in Verbindung mit anderen Botanikern; BUCHENAU bearbeitete darin: Cruciferen, Dilleniaceen, Capparidaceen, Violaceen, Caryophyllaceen, Guttiferen, Ochnaceen, Meliaceen, Droseraceen, Halorrhagidaceen, Rhizophoraceen, Combretaceen, Barringtoniaceen, Ficoideen, Campanulaceen, Hydroleaceen, Cordiaceen, Solanaceen, Amarantaceen, Chenopodiaceen, Podostemaceen, Alismaceen, Potamogetonaceen, Typhaceen, Smilaceen.

Reliquiae Rutenbergianae III; daselbst VII, 198—214 (BUCHENAU hat darin bearbeitet: Lobeliaceen, Verbenaceen, Myrsinaceen, Nyctaginaceen).

Reliquiae Rutenbergianae IV; daselbst VII (darin von BUCHENAU bearbeitet: Hydrocharitaceen S. 263, 264).

Reliquiae Rutenbergianae VIII; daselbst, X, 1889, S. 369—396. Mit Tafel VI. (Weiteres über: Cruciferen, Capparidaceen, Chlaenaceen, Malvaceen, Büttneriaceen, Tiliaceen, Ochnaceen, Umbelliferen, Asclepiadaceen, Solanaceen, Podostemaceen, Loranthaceen, Liliaceen; alles von BUCHENAU selbst.)

Blütenpflanzen in „Dr. Ralph Copeland, Ein Besuch der Insel Trinidad im südatlantischen Ozean"; daselbst VII, 1882, 277.

VI. Morphologie, Bildungsabweichungen u. ähnl.

Beiträge zur Entwicklungsgeschichte des Pistills. Dissertation, Marburg 1852; ferner in Linnaea XXV, 1852, 622—649.

Beiträge zur Morphologie von Reseda; Botan. Ztg., XI, 1853, 361—372, 377 bis 390. Mit Taf. VIII. Berichtigung dazu 595, 596.

Über die Blütenentwicklung einiger Kompositen, Valerianeen und Dipsaceen; Abhandl. Senckenb. Ges., I, 1854—55, 106—132. Mit Tafel V u. VI.

Bemerkungen über *Sorbus hybrida* L.; Flora XXXIX, 1856, Nr. 1, 1—4.

Monstrosität der Blüten bei *Dipsacus fullonum* L.; daselbst, XXXIX, 1856, 389—393.

Einige Blütenabnormitäten; Flora 1857, XL, 289—297.

Zur Naturgeschichte von *Narthecium ossifragum*; Botan. Ztg. XVII. 1859, 161 bis 165, 169—172. Mit Tafel VII.

Über zwei interessante Bürger der deutschen Flora; Amtl. Bericht über die 34. Versamml. deutsch. Naturf. u. Ärzte im Sept. 1858, Karlsruhe 1859, 106—109 (*Narthecium* und *Cornus suecica*).

Über die Entwickelung der leeren Fruchtknotenfächer von *Valerianella*; daselbst, 123, 124.

Zur Naturgeschichte der *Littorella lacustris*; Flora XLII, 1859, 81—87, 705, 706; dazu Berichtigung S. 464.

Bemerkungen über *Cornus suecica*; daselbst XLII, 1859, 87—95 und 464.

Morphologische Notiz über *Limosella aquatica*; daselbst XLII, 97—99.

Sproßverhältnisse von *Ulex*; daselbst, XLIII, 1860, 449—456.

Morphologische Bemerkungen über einige Acerineen; Bot. Ztg., XIX, 1861, 265 bis 269, 273—278, 281—286. Mit Tafel XI.

Bemerkungen über die Wachstumsweise der *Corydalis claviculata* Pers.; Botan. Ztg. XIX, 1861, 321—323. Mit Tafel XII A.

Cotula coronopifolia, ein Beitrag zur Naturgeschichte der einheimischen Gewächse; Botan. Ztg., XX, 1862, 17—29, 25—30.

Der Blütenstand von *Empetrum*, daselbst, XX, 1862, 297—301.

Einige Beobachtungen aus dem Gebiete der Pflanzen-Teratologie; daselbst XX, 1862, 305—310. Mit Tafel X, Berichtigung dazu 438.

Vorkommen gefüllter Blumen bei einer wildwachsenden Pflanze; daselbst XX, 1862, 127, 128.

Zur Morphologie von *Hedera Helix*; daselbst XXII, 1864, 233—236, 241—245.

Morphologische Studien an deutschen Lentibularien; daselbst, XXIII, 1865, 61—66, 69—71, 77—80, 85—91, 93—99. Mit Tafel III, IV.

Über die Sproßverhältnisse von *Glaux maritima* L.; Verh. Brand. botan. Ver. VI, 1865, 198—213. Mit Tafel III.

Eine Beobachtung an *Potamogeton mucronata* Schrad.; daselbst, VI, 1865, 213—215.

Morphologische Bemerkungen über *Lobelia Dortmanna* L.; Flora XXIV, 1866, 33—38. Mit Tafel I, A.

Bemerkungen über den Blütenbau der Fumariaceen und Cruciferen; daselbst XXIV, 1866, 39—46. Mit Tafel I, B.

Über das Vorkommen von zwei Hüllblättern am Kolben und die Keimung von *Richardia* (*Calla*) *aethiopica* (L.) Buchenau; Abhandl. Nat. Ver. Brem. I, 1866, 51—56. Mit Tafel I.

Zur Naturgeschichte von *Narthecium ossifragum* Huds.; Botan Ztg. XXIV, 1866, 349—355. Mit Tafel XII, A.

Der Blütenstand und die Zweigbildung bei *Hydrocotyle vulgaris*; daselbst, XXIV, 1866, 357—361, 365—370. Mit Tafel XII, B.

Einige Notizen über Dichogamie, namentlich bei *Aspidistra elatior* Blume; daselbst XXV, 1867, 220—222.

Über eine interessante Füllungserscheinung bei *Lapageria rosea* R. et P.; Abh. Nat. Ver. Brem. I, 1868, 362—366. Mit Tafel IV.

Interessante Bildungsabweichungen; daselbst, Bd. II, 1871, 469—480. Mit Taf. IV u. V.

Über die Nervatur der Bracteen bei den Linden; daselbst, Bd. III, 1872, 14—16.

Über Blütenentwickelung bei den Kompositen; Botan. Ztg. XXX, 1872, 305—320, 329—333, 353—369.

Merkwürdige Monstrosität der Blüte von *Hieracium brachiatum* Bert.; Abh. Nat. Ver. Brem. III, 1873, 381—383.

Eine aus Zitrone und Apfelsine gemischte Frucht; daselbst III, 387—391.

Bastard von Apfel und Birne (Übersetzung aus dem Englischen); Botan. Ztg. XXXI, 1873, 453, 454.

Weitere Beobachtungen an monströsen Birnen; Abh. Nat. Ver. Brem. III, 1873, 546, 547.

Merkwürdige Sprossung in einer Blüte von *Iris Pseud-Acorus*; Abh. Nat. Ver. Brem. IV, 1874, 211, 212.

Starke Drehung der Holzfaser an einem alten Stamme von *Sambucus nigra*; daselbst IV, 212, 213.

Dichotypie bei *Delphinium Ajacis*; daselbst, V, 1876, 28.

Pelorie des Garten-Löwenmaules; daselbst, V, 1877, 334—336.

Mächtiger Stamm von *Salix Capraea*; daselbst, V, 1877, 411.

Fälle von Mischfrüchten; daselbst, V, 479, 480.

Beschreibung einer zwölfteiligen Roggenähre; daselbst, V, 1878, 556.

Pelorien von *Linaria vulgaris*; daselbst, V. 1878, 642—644.

Beachtenswerte Fälle von Fasciationen; daselbst, V, 645—648.

Über *Carpinus Betulus*, forma *quercifolia:* Mitteilungen d. Nat. Ver. f. Neuvorpommern und Rügen X, 1879, 197—202.

Gefüllte Blüten von *Scirpus caespitosus*; Abh. Nat. Ver. Brem. VI, 432.

Merkwürdig veränderte Blüte einer kultivierten *Fuchsia*; daselbst VI, 1880, 555—557.

Außerordentlicher Fall von vorschreitender Metamorphose bei einer Gartenrose; daselbst VI, 1880, 617, 618.

Verdoppelung der Spreite bei einem Tabaksblatte; daselbst VIII, 1883, 443—445.

Entwickelung des fünften Staubblattes bei *Scrophularia* und *Pedicularis*; Abh. Nat. Ver. Brem. VIII, 1884, 536, 537.

Eine ältere Beobachtung aus dem Gebiete der Bildungsabweichungen; daselbst VIII, 538.

Drehung der Orchideenblüten; daselbst VIII, 539.

Entwickelung der Achsenglieder in den Blüten von *Epilobium angustifolium*; daselbst VIII, 539, 540.

Seriales Dédoublement in Papilionaceen-Blüten: daselbst VIII, 1884, 558—562.

Füllung des Kelches bei einer Rose; daselbst IX, 1886, 324.

Erica Tetralix L. mit getrennten Kronblättern; daselbst X, 1888, 317.

Bildungsabweichung einer Hülse von *Gleditschia*; daselbst X, 318.

Eine Pelorie von *Platanthera bifolia* Rich.; Abh. Nat. Ver. Brem. X, 334.

Doppelspreitige Laubblätter; Ber. d. Deutsch. botan. Ges., VI, 1888, 179—186. Mit Tafel IX.

Über die Vegetationsverhältnisse des „Helms" (*Psamma arenaria* R. et Sch.) und der verwandten Dünengräser: Abh. Nat. Ver. Brem. X, 1889, 397—412.

Über einen Fall der Entstehung der eichenblättrigen Form der Hainbuche (*Carpinus Betulus* L.); Botan. Ztg. IL, 1891, 97—104. Wiederabgedruckt unter Beifügung einer Abbildung in Gartenflora Bd. 40, 1891, 377—382.

Abnorme Blattbildungen; Ber. d. Deutsch botan. Gesellsch. IX, 1891; 326—332. Mit Tafel XXI.

Eine Verbänderung des Stengels bei *Jasione montana* und ihre Bedeutung für die Entstehung dieser Bildungsabweichung; Abh. Nat. Ver. Brem. XII, 1892, 269—276.

Eine grüne Rose von 6 mm Größe; daselbst, XIV, 1896, 229, 230.

Botanische Miscellen; daselbst, XV, 1901, 256.

Zwei interessante Beobachtungen von Topf-Pelargonien: I. Einfluß fremden Pollens: Xenochromie. II. Pelorienbildung durch Knospen-Variation; daselbst, XVI, 1899, 274—277.

Spornbildung bei *Alectorolophus major*: Festschr. d. 45. Vers. deutsch. Philologen u. Schulmänner 1899, S. 149—156; später nochmals abgedruckt in Abh. Nat. Ver. Brem., XVIII, 1906, 457—461.

Tabaks-Doppelblatt; Abh. Nat. Ver. Brem., XVI, 1900, 453, 454.

Entwickelung von Staubblättern im Innern von Fruchtknoten bei *Melandryum rubrum* Garcke; Ber. d. Deutsch. bot. Ges. XXI (1903), 417—429. Mit Tafel XXI.

Kohlblätter mit merkwürdiger Trichterbildung; Abh. Nat. Ver. Brem. XIX, 1907; 147, 148.

VII. Botanische Arbeiten verschiedenen Inhalts.

Tima, ein mexikanisches Mittel gegen Lungenschwindsucht. Bonplandia IX, 1861, 175—177, 225—227.

Die botanischen Produkte der Londoner internationalen Industrie-Ausstellung. Bremen. Herm. Gesenius 1863.

Die Calabarbohne (*Physostigma venenosum* Balf.); Botan. Ztg., XXI, 1863, 363—365.

Ein Bremischer Garten im vorigen Jahrhundert; Bremisches Jahrbuch, II. Band, 1865, 254—258.

Ein neuer Standort von *Chrysanthemum suaveolens* (Pursh) Aschs.; Bot. Ztg. XXXIII, 1865, 162.

Rohdea nicht *Rhodea*; Botan. Ztg. XXV, 1867, 216.

Mitteilungen über einen interessanten Blitzschlag in mehrere Stieleichen; Verhandl. der Kais. Leop. Carol. Akad. d. Naturf., Bd. XXXIII, 1867, Nr. VIII, S. 1—16. Mit einer Tafel.

Berichtigung zu Pritzels Index Icon. botan.; Botan. Ztg. XXVI, 1868, Sp. 367.

Die springenden Bohnen aus Mexiko; Abh. Nat. Ver. Brem. III, 1873, S. 373—377.

Eine chinesische Spielerei; daselbst III, 1873, 379—381.

Vergiftung durch Semina Ricini majoris (*Jatropha Curcas* L.); daselbst III, 381.

Blitzschlag in eine kanadische Pappel in den Wallanlagen zu Bremen; Abh. Nat. Ver. Brem. VI, 1879, 333—335.

Die düngende Wirkung des aus den Baumkronen niederträufelnden Wassers; Ber. d. Deutsch. bot. Ges. I, 1883, 108, 109.

Der Rost des Getreides und die Mahonien; Abh. Nat. Ver. Brem. VIII, 1884, 563—568.

Beachtenswerte Blitzschläge in Bäume; daselbst IX, 1886, 312—319.

Merkwürdige Ausscheidung einer krystallinischen organischen Säure im Holzkörper einer Eberesche; Festschrift d. Ver. f. Naturk. in Kassel 1886, S. 37—39.

Das LINNÉsche System in den Schulen; Zeitschr. f. math. und naturw. Unterricht 1886, 6. Heft.

Zwei Abschnitte aus der Praxis des botanischen Unterrichtes. I. Über den falschen Gebrauch der Hauptwörter in der Benennung der Blütenstände und Früchte. II. Das LINNÉsche System in den Schulen. Sonderabdr. aus Oster-Progr. 1890 der Realsch. beim Doventor, Bremen. C. ED. MÜLLER 1890, 63 Seiten.

Die „springenden Bohnen" aus Mexiko; Abh. Nat. Ver. Brem. XII, 1891, 47—52.

Die „springenden Bohnen" aus Mexiko. III. Beitrag; daselbst XII, 1892 277—290.

Über Einheitlichkeit der botanischen Kunstausdrücke und Abkürzungen; Beil. zum Progr. der Realsch. beim Doventor 1894 und zum 13. Bande der Abh. Nat. Ver. Brem. Bremen. A. GUTHE, 36 Seiten.

Phänologische Beobachtungen in Bremen in den Jahren 1882—92, in Ergebn. d. meteorol. Beobacht. d. Meteorol. Stat. Bremen III, S. VI—XVI.

Einige Nomenklaturfragen von speziellem und allgemeinerem Interesse; ENGLERs Botan. Jahrb. XXIV, 1898, 648—668.

Die deutschen Pflanzennamen in der Schule und im Leben; Neue Jahrb. f. d. klass. Altertum, Geschichte u. deutsche Literatur u für Pädagogik 1900, 2. Abt, VI, 441—449.

Über die Herstellung von Naturschutzgebieten in Deutschland; Abh. Nat Ver. Brem. XV, 1901, 257—262.

Über den Reichtum des Kulturlandes unserer Städte an Pflanzensamen. Ein Beitrag zur Lehre von der Verbreitung der Pflanzen. Festschrift zu P. ASCHERSONs 70. Geburtstag. Berlin. GEBR. BORNTRAEGER, 1904, 27—36.

Eine Besteigung der Grigna herbosa; Abh. Nat. Ver. Bremen XVIII, 1906, 351—360.

VIII. Biographien von Botanikern.

Biographische Notizen über MICHAEL ROHDE; Abh. Naturw. Ver. Bremen I, 1868, 237—244.

Mitteilungen über das Herbarium von A. W. ROTH; Botan. Ztg. XXVI, 1868, Spalte 305—310.

Neuere Forschungen über Euricius und Valerius Cordus; Abh. Nat. Ver. Bremen II, 1869, 130—140.

Otto Wilhelm Heinrich Koch; daselbst X, 1887, 45—61.

Meyer (Neuenkirchen); daselbst X, 1889; 567—570.

Ludolph Christian Treviranus; daselbst XI, 1890, 344—360.

Gottlieb Bentfeld; daselbst XII, 1891, 152—154.

Christian Rutenbergs Ende; daselbst XIII, 1894, 87—90.

Zur Biographie von O. W. H. Koch; daselbst XIV, 278.

Karl Nöldeke; Abh. Nat. Ver. Brem. XVI. 1899, 228—233; über denselben auch in Ber. Deutsch. botan. Ges. XVI, S. (37)—(43).

Karl Beckmann; Abh. Nat. Ver. Brem. XVI, 234—237; über denselben auch in Ber. Deutsch. bot. Ges. XVI, S. (58)—(60).

Zur Biographie von Dr. Heinr. Mertens; Abh. Nat. Ver. Brem. XVII 1903, 608.

Generalsuperintendent Werner Bertram; daselbst XVIII, 1906, 341—350.

Wilhelm Stucken; daselbst XVIII, 361—364.

Verzeichnis der Pflanzennamen

(einschließlich einiger Tiernamen).

Abies 461.
— *concolor* 460, 462.
Absidia Orchidis 132.
Absynthium pumilum 378.
Acacia dealbata 374.
— *Dietrichiana* 201.
— *lophantha* 202.
— *microbotrya* 201.
— *nilotica* 276, 277.
Acanthocystis 210.
Acer 30, 189.
— *campestre* 90, 386.
— *dasycarpum* 386.
— *platanoides* 230, 386, 418, 419.
— *Pseudoplatanus* 230, 386, 495, 499.
Aceras hircina 463.
Achlya 132. 622, 623, 627, 629.
— *racemosa* 132.
Aconitum 574.
— *lycoctonum* 574, (57).
— *napellus* (57).
Acrostichum aureum 199.
Actinophrys sol 222.
Actinoptychus undulatus 669.
Ada aurantiaca 374.
Adenostyles albifrons (57)
Adonis flammeus 374.
Aecidium 525.
Aegilops 163, 167, 170, 171.
— *ovata* 167, 168, 169, 170, 172.
— *ovata* ♂ × *Triticum vulgare* ♀ 168.
— *triticoides* 167, 171.
Aesculus 30.
— *parviflora* 497.
Agave americana 512.
Agaricaceen (40).
Agaricus albus 448.
— *campestris* 622.
Ahorn 495.
Alchemilla alpina (58).
— *pentaphyllea* 378.
Alisma plantago 199.
Alliaria officinalis 234.
Allium porrum 198.
— *victoriale* (58).
Alnus glutinosa 174.
Alloplectus 649.
— *sanguineus* 649, 651.
Allosorus crispus (59).
Aloe mitraeformis 261.
Alpendost (57).
Alpenmilchdistel (57).
Althaea officinalis 247.
Amberholz 120.
Amelanchier vulgaris (51).
Amphora ovalis 664.
Anabaena 210, 215, 217, 219, 419.
— *flos aquae* 664
Anacamptis 465.
Andreaea Huntii (59).
— *Rothii* (59).
Andromeda polifolia (53).
Anemone silvestris 464.
Amuraea 223, 664.
— *cochlearis* 209, 210, 214, 215, 220, 222.
— *tecta* 218, 220.
Anomodon viticulosus 146, 147.
Anthophysa 157, 215, 219, 222.

Antithamnion 622.
„*Apfelbanane*“ 686.
Aphanizomenon 664.
— *flos aquae* 419.
„*Appelbacove*“ 686 — 690.
Arabis 355.
Araucaria imbricata 462.
Arcella 210.
— *vulgaris* 218.
Arctostaphylos alpina 692, 694, 696, 702.
— *uva ursi* 700, 702.
Aristolochia 620.
— *clematitis* 620.
— *elegans* 620.
Arnica montana (59).
Artemisia Bocconi 378.
— *spicata* 378.
Aruncus silvester (50), (57), (60).
Asparagus 617, 620, 627.
— *officinalis* 606, 609, 626, 629.
Ascaris 359.
Aspergillus 54, 444.
— *glaucus* 448.
— *niger* 50, 53.
Asphodelus albus 370.
Aspidium 622.
— *Braunii* (50).
— *dilatatum* (50).
— *filix mas* (50).
— *lobatum* (50).
— *lonchitis* (59).
— *montanum* (50).
Asplanchna 223.
Asplenium viride (51).
Aster 572, 574.
— *bellidiastrum* (51).
Asterosporus 445.
Asterionella 210, 217, 222.
— *formosa* 211, 214, 215, 220, 223.
Astrapaea mollissima 202.
Astrantia major 251.
Athyrium alpestre (50), (57).
— *filix femina* (50).
Atriplex hortensis 198.
Atropa Belladonna 371.
Avena 542, 544, 549, 550, (25), (27).
— *sativa* 543, 547, 553.
Azalea procumbens 378.
Azotobacter 404, 418, 419.
— *Woodstownii* 419.
Bacillus 451.
— *alvei* 446.
— *amylobacter* 446.
— *anthracoides* 444.
— *asterosporus* 444, 446, 447, 448.
— *cellulosae* 221.
— *fluorescens putidus* 444.
— *fusiformis* 446.
— *luteus* 444, 445, 446.
— *megaterium* 444.
— *mesentericus vulgatus* 444.
— *probatus* 445, 446.
— *pulcher* 444.
— *robur* 446.
— *sphaericus* 446.
— *subtilis* 446.
— *tumescens* 444, 445, 446, 451.
— *violascens* 444.
Bacteriastrum 224.
Bacterium Termo 269.
Bananen 686.
Bartschia alpina (59), (60).
Basella rubra 198.
Bastardapfel 594.
Bastardbirne 594.
Beggiatoa 340, 470, 471, 472, 663, 665, 666.
— *alba* 214, 663, 664.
Beggiatoaceae 470, 474, 663.
Begonia 258, 615.
— *aptera* 261.
— *argyrostigma* 261.
— *scandens* 261.
— *undulata* 261.
— *vitifolia Schott* 257, 261, 262.
Bellis perennis 198.
Berberis stenophylla 495.
— *vulgaris* 494, 499.
Bergahorn (57).
Bergkiefer (54).
Besenginster (49).
Beta vulgaris 710, 711, 712, 713.
Betula 173.
— *alba* 578.
— *pubescens* (54).
— *verrucosa* (54).
Biddulphia 224.
bini 423, 425.
Biota 159—162.
— *orientalis* 159, 160, 162.

Birke 185, (54).
Blechnum spicant (50).
Blindia acuta (59).
Bocconia 379.
Bodo 212.
Borstengras (59).
Bosmina 664.
Botryococcus brauni 210, 223.
Botrytis-Fäule 661.
Brachionus 218, 220, 223.
Bryonia dioica 436, 469.
Bryopsis 431, 433, 621, 622.
— *muscosa* 431, 432 — 435.
— *plumosa* 431.
Bryopsidaceae 431.
Buche 497 (48. 57).
Bursaria truncatella 214.
Buxus 497.
— *sempervirens* (48).
Bythinia tentaculata 664.

Cabomba aquatica 200.
Calandrinia compressa 375.
— *Menziesii* 375.
— *umbellata* 375.
Calceolaria 145.
— *chelidonioides* 144.
Calendula (30), (35),
— *arvensis* (29).
— *officinalis* 198.
Callidina 218.
Callithamnion 285 — 287, 621.
Calluna 173—175.
Caltha palustris 372.
Campanula latifolia (58).
— *pusilla* (51).
rotundifolia 497.
Canthocamptus 209.
Caprificus 376.
Capsella 234.
— *bursa pastoris* 234.
Carchesium 215, 220.
— *lachmanni* 223.
Cardamine pratensis 234.
Carduus defloratus (51).
Carex frigida (58).
— *pauciflora* (54).
Carica 560.
Carlina acaulis (46).
Carpinus 189, 230.
— *betulus* 90, 230.
Carumbium populneum 202.
Castanea vesca (47).
Cataputia 382.
Caulerpa 286, 288.
— *prolifera* 286, 288.
Centaurea Cyanus 198.
— *montana* (57).
— *nigra* (50).
Cephalocarpus 13, 15.
— *dracaenula* 11, 12, 14 (Fig.).
Cephalothamnion 157.
Ceramium 621.
Ceratium 215, 218, 220.
— *fusus* 223, 224.
— *hirundinella* 210, 213, 214.
— *tripos* 223, 224.
Ceratophyllum 337, 340.
Ceratopteris thalictroides 199.
Ceratozamia 621.
Chaetoceras 223, 224.
Chamaedaphne 382.
Chamaerhododendron 378.
Chamaesiphon 152.
Chantransia 214, 215, 220.
Chara 518, 622, 627.
— *foetida* 516, 517, 518, 519, 520, 521.
— *galioides* 516.
— *gymnophylla* 517.
Characiopsis 152.
Characium 152.
Cheiranthus 234.
— *cheiri* 233, 234.
Chimophila 562.
Chironomus 209, 214.
— *plumosus* 664.
Chlamydomonas 215, 217, 219 — 222.
Chlorella vulgaris 71, 72.
Chloris ciliata 648.
Chlorococcum 74, 76.
— *humicola* 79.
— *infusionum* 74, 76, 77.
Chlorosphaera 74.
— *limicola* 71, 74.
Chromatium 266, 267, 340.
— *Weissii* 266.
Chroococcum 76.
Chrysamoeba 154, 157.
Chrysomonade 152.

Chrysomonadinen 215, 217.
Chrysopyxis 154—156.
— *ampullacea* 152, 154, 155.
— *bipes* 155.
— *cyathus* 155, 156.
— *Iwanoffi* 155.
— *macrotrachela* 155.
— *stenostoma* 155.
— *triangularis* 155.
Chrysostephanosphaera 155.
Cinclidotus 217.
Cinnamomum Cassia Blume 253.
Cintractia Melicae 293.
Circaea alpina (50).
Cladium Mariscus 13.
Cladophora 214, 215, 337.
Claviceps purpurea 448.
Clianthus puniceus 202.
Closterium 209, 220.
— *acerosum* 221.
— *lunula* 215.
Coccoloba 121.
Cocconeis 214.
Cocoboloholz 120, 121.
Coelastrum 220, 222.
— *microporum* 223.
Coelogyne 370.
— *Massangeana* 370.
Coelogyninae 370.
Coleus 31.
Conferva 220.
— *depauperata* 219.
Coniferen 452.
Coniophora cerebella 329.
Conostegia 348, 359.
— *subhirsuta DC.* 348, 349, 350, 351, 353, 354, 355, 356.
Convolvulus 197.
— *arvensis* 197.
Coprinus (40).
— *ephemerus* (43).
— *lagopus* (42), (43), (44).
— *radiatus* (36), (37), (40), (41).
Copepoden 224.
Coralliorrhiza innata 463.
Cortusa 330, 331, 332.
— *Matthioli L.* 330, 331, 332, 334, 583.
Corylus avellana 30, 174.
Corythaix 375.
Corytholoma aurantiacum 650.
Coscinodiscus 223, 224, 664, 665, 669.
— *subtilis* 222, 223, 669.
— *biconicus* 669.
Cosmarium margaritiferum 220.
— *ornatum* 215.
Crassula arborescens 201.
Crataegus coccinea 374.
— *monogyna* 499.
Crepis blattarioides (58).
Crucigenia 220.
Crustacea 223.
Cryptomonas 210, 219, 221, 222.
— *erosa* 217, 218, 219.
Cryptovalsa 593.
Cucurbita pepo 620.
Cuscuta lupuliformis 653.
Cyanophyceen 314.
Cyathea 42, 46.
— *medullaris* 42, 48.
Cyathophorum 31, 32, 137.
— *bulbosum* 30, 137.
Cycadeen 621.
Cycas circinalis 621.
— *revoluta* 621.
Cyclamen europaeum 201.
Cyclops 209.
Cyclotella 210, 213, 215, 217, 220, 221, 222, 223.
— *astraea* 210.
— *socialis* 210.
Cymatopleura 664.
Cymbella 209, 220.
Cyperaceen 13.
Cypripedien 583.
Cypripedium Calceolus 469.
— *spectabile* 583.
Cyrtophoraceae 154.
Cystococcus 75, 76, 77.
— *humicola* 69—80.
Cytospora 586—588, 590, 591, 594.
— *ampelina* 593.
— *Vitis* 586, 588.

Dahlia coronata 164.
Daphne alpina 189.
Daphnia 210.
Daucus 33, 38, 39, 41.
— *Carota* 39, 366.
Delesseria 286—288.

Delphinium 366, 368, 369, 370.
— *Aconiti* 368.
— *altaicum* 368.
— *amoenum* 368
— *anomalum* 368.
— *dahuricum* 368.
— *dasycarpum* 368.
— *dictyocarpum* 368.
— *discolor* 368.
— *elatum L.* 366—368.
— *exaltatum* 368.
— *flexuosum* 368.
— *hybridum* 366, 368.
— *intermedium* 368.
— *laxiflorum* 368.
— *lilacinum* 368.
— *luzulinum* 368.
— *montanum* 368.
— *palmatifidum* 368.
— *revolutum* 368.
— *speciosum* 368.
— *sulcatum* 368.
— *triste* 368.
— *urceolatum* 368.
Dendrocoelum 209.
Dendromonas 157.
Derepyxis 155.
Dianthus 657, 660.
— *Carthusianorum* 464.
Diaptomus 214.
Diatoma elongatum 222, 223.
Diatomeen 669.
Dicranella squarrosa (60).
Dictyosphaerium 218—222, 224.
— *ehrenbergianum* 223.
— *pulchellum* 218, 223.
Dictyota 286, 287.
— *dichotoma* 286.
Difflugia hydrostatica 210.
Digitalis purpurea (49), (50), (60).
Dinobryon 210, 215, 221.
— *sertularia* 214, 220.
„*Djukum soatschiki*“ 423.
Dolichos melanophthalmus 426.
— *monachalis* 422, 426.
— *sinensis* 420.
— *unguiculatus* 420.
Dreissensia 664.
Drosera 169, 623.
— *intermedia* (54).
Drosera longifolia 169, 171, 408, (54).
— *longifolia* × *D. rotundifolia* 408.
— *rotundifolia* 169, 171, 408, (54).
Dryas octopetala 114.

Echeveria glauca 619.
Echium fastuosum 202.
Edelkastanie (47).
Efeu (48).
Eibe 185, 278.
Eiche, amerikanische 399.
Eierfrucht 35.
Elodea 607, 624.
— *canadensis* 200, 628.
Empetrum nigrum (54).
Endomyces Magnusii 3.
Endophyllum 527.
— *Sempervivi* 527.
Endosphaera 74.
Endothlaspis Melicae 293.
Enzian, gelber (59).
Epheu 57.
Epipactis rubiginosa 463
Epistylis 220.
Equisetum 270.
— *silvaticum* (50).
Erdbeere 560.
eri 424.
Eriophorum 173.
— *alpinum* (54).
— *polystachyum* (60).
— *vaginatum* 173, (54).
Eriophyes fraxini Nal 347.
erumonoji 424.
Erxlebenia (subsect.) 565.
Eucalyptus globulus 195.
Eucampia 223.
Euchlaena luxurians 4.
— *mexicana* 4.
Eudorina elegans 220.
Eugenia apiculata 202.
Euglena gracilis 624.
— *viridis* 211, 222.
Euphorbia alcicornes 30.
— *Lathyris* 382.
Eucalsa 591.
Evonymus 184.
— *alata* 486—488.

Evonymus japonicus 94, 95, 180, 183, 184, 186, 189.
Exogonium Purga Benth. 254.

Fagopyrum esculentum 198.
Fagus 30, 32, 138, 189, 229, 231.
— *silvatica* 228, 232, 486, 487, 489.
Falcaria Rivini 464.
Fatsia japonica 202.
Feigenbaum 560.
Felsenbirne (51).
Ferula 246, 252, 255.
— *communis* 248.
— *glauca* 248.
— *Narthex Boiss.* 245, 246, 247, 248, 251, 252, 253, 255, 256.
Fichte 398, (48), (54), (57).
Ficus 384.
— *Sycomora* 278.
Fingerhut, roter (49).
Flagellaten 215, 219, 345, 664.
Floridee 285.
Fontinalis 217.
Forsythia 578, 580.
— *suspensa* 231, 577.
Foscholz 120.
Fossombronia Dumortieri (53).
Fragilaria capucina 220.
— *crotonensis* 210, 214, 215, 220, 221, 222, 223.
Fraxinus excelsior 486.
— *excelsior* var. *pendula* 486, 487, 492.
— *ornus* 347.
Fuchsia 182, 183, 185, 189.
— *fulgens* 202.
— *triphylla Henkel* 202.
— *triphylla Rubin* 202.
Funaria 607, 622.
Fusarium 214, 481.

Galanthus nivalis 198.
Galega 577.
Galium 379.
— *Bocconi* 379.
— *saxatile* (50).
Galtonia 169.
Gelbe Lupine 399.
Gelidium 285.
— *crinale* 285.
Gemmophora 479, 481.
— *purpurascens* 474, 478, 479, 481.
Genista canariensis 202.
Gentiana acaulis (50).
— *lutea* (58), (59).
— *pannonica* 371.
Geranium silvaticum (50).
Gesneria aurantiaca 650, 651.
— *macrantha* 650, 651.
Gesneriaceen 648, 650, 652.
Gigartina 285.
— *Teedii* 285.
Glenodinium 210, 222.
Gloeosporium ampelophagum 587.
Gloeothece 315.
Gloxinia 649.
— *hybrida erecta grandiflora* 650, 651.
— *hybrida „Kaiser Wilhelm“* 649.
Gnaphalium supinum (59).
Gnetum Gnemon L. 359.
Goldfussia 28, 30, 31, 32, 33, 134, 135, 138.
— *anisophylla* 28, 135, 137.
— *glomerata* 28, 29, 30, 135.
Gomphonema 213.
Gonium pectorale 222.
Gracilaria 283, 284.
— *compressa* 283.
Gregarinae 437.
Grimmia torquata (59).
„Gros-Michel“ 686, 687, 687, 688, 689.
Guilliermondia fulvescens 3, 97.
Gymnadenia 465.
— *albida* (59).
Gymnodinium 208, 210, 215, 219.
— *palustre* 214.
Gymnomitrium concinnatum (59).

Haberlea 650.
Hafer 399.
hahua 423.
Hainbuche 185.
Halteria grandinella 222.
Hantzschia 218.
— *amphioxys* 215, 221.

Hariotina 219, 220.
— *reticulata* 218.
Harpanthus Flotowianus (60).
Hartwegia comosa 607.
Harziella 3.
Hedera 58.
— *helix* (48).
„*Heilglöcklein*“ 330.
Helianthus 19, 24, 25, 53.
— *annuus* 19, 24, 307, 631.
Helminthocecidium 347.
Hero-Pflanzen 414, 415.
Heterocentron macrodon Triana 361.
Heterolaygnion 157.
— *Oedogonii* 157, 158.
Hieracium aurantiacum (58).
— *prenanthoides* (58).
Himantoglossum 463, 464, 465, 466, 467, 468.
— *hircinum* 463.
— *hircinum* forma *thuringiaca M. Sch.* 468.
Hippophaë 494.
Hippuris vulgaris 199.
Homogyne alpina (59).
Hordeum (25), (26).
Hydra 214.
Hydrocoleum 663.
Hydrocoleus 470.
Hypocrea rufa 481, 482.

„*Jamaïca-Banane*“ 686.
jawoa 425.
Ilex 57, 58.
— *aquifolium* 189, 497, (49).
imba 424.
imbia 425.
Impatiens balsamina 198.
Imperatoria ostruthium (50).
Ipomoca purpurea Hero 414.
Isoetes (53).
— *echinospora* (52), (53).
— *lacustris* (52), (53).
— *Tuckermanni* 200.
Isoloma hirsutum 649, 651.
— *hirsutum multiflorum* 650, 651,
Juniperus communis 160.

Jussiaea 257.
iwa 278.

Kartoffel 601.
Kiefer (54).
Kirchneriella lunata 210,
Klugia 649.
— *zeylanica* 649, 651.
Kohleria bogotensis 649.
— *hirsuta* 649.
Krähenbeere (54).

Lagynion 155, 156, 157.
— *ampullaceum* 156.
— *macrotrachelum* 155.
— *Scherffelii* 158.
— *triangulare* 155.
Lampropedia 215.
Lärche 497.
Larix 88, 89, 93.
— *decidua* 86, 87, 88, 93.
— *leptolepis* 462.
Laserpitium latifolium (51), (52).
Lathyris major 382.
Lathyrus Aphaca 498.
Latsche (56).
Laureola 382.
Ledum palustre (46), (54).
Lejeunea calcarea (51).
Lemna minor 340.
— *polyrrhiza* 340.
— *trisulca* 340.
Lepochromulina 155, 156.
— *bursa* 158.
Lepocinclis ovum 219.
Leskea complanata 146.
— *trichomanoides* 146,
Leucanthemum 466.
— *vulgare* 466.
Lilium croceum 374.
— *tigrinum* 198.
— *umbellatum* 198.
Limnobium Sparganium 199.
Limnophila heterophylla 199.
Liquidambar styraciflua 120.
Listera cordata (58).
Lonicera periclymenum (50).

Lophozia Floerkei (59).
Loranthus 650.
Loroglossum hircinum 463.
Lunaria rediviva (50).
Lupinus 16, 19, 632, (33).
— *albus* 19, 23, 307, 631.
Lupine, gelbe 399.
Lycium barbarum 578.
Lycopodium 31.
— *alpinum* (59).
— *annotinum* (50).
— *inundatum* (54).
Lynceus 209.
Lyngbya versicolor 317.

Malaxis paludosa 463.
Mallomonas 210.
Malva silvestris 525.
Marrubium 376.
Maxillaria Sanderiana 370.
Maxillariinae 370.
Melastomaceen 346, 348.
Melica 293.
— *ciliata* 293.
— *Cupani* 290, 291, 292.
Melosira 222, 664.
— *arenaria* 214.
— *granulata* 339.
— *tenuis* 210, 220.
— *varians* 339.
Mentha piperita 198.
Menyanthes trifoliata 199.
Merismopedia glauca 220.
Mercurialis 382, 383.
— *testiculata* 382.
Merulius 321, 323—328, 604.
— *lacrymans Schum.* 321, 322, 327, 601—604.
— *silvester* 327, 601—603.
Mesembryanthemum cultratum 201.
Mespilus japonicus 202.
Meum athamanticum (59).
— *mutellina* (59).
Miconia 356, 357, 361.
Miconieae 348.
Microcoleus 470, 663.
Microcystis 210.
Microstylis monophyllos 463.
Miltonhafer „Svalöfs Segerhavre“ 543.
Mimulus 145.
— *moschatus* 144.
Mnium 622, 627.
— *cinclidioides* (46).
— *cuspidatum* 622.
Moerckia hibernica (52).
Momordica 34, 36, 39.
— *elaterium* 620.
Monas 157.
Monascus purpureus 2.
Monilia variabilis 3.
Monophyllaea 649, 652.
— *Horsfieldii* 649, 651, 652.
Monostyla 222.
Mucedinaceae 478.
Mucor 627.
— *heterogamus* 126.
— *hiemalis* 132.
— *Moelleri* 132.
— *mucedo* 622.
— *racemosus* 479.
Mulgedium (57).
— *alpinum* (57).
— *Plumieri* (58).
Musa 689.
— *basjoo* 687, 688, 689.
— *Cavendishii* 686.
— *ornata chittagong* 687, 688, 689.
— *paradisiaca* subsp. *sapientum* 686.
Myriophyllum alterniflorum (52).
Mysis 664, 665.

Naegelia zebrina 650, 651.
Narcissus poëticus 373, (50).
— *pseudonarcissus* 373.
— *pseudopoëticus* 373.
Nardus stricta (59).
Navicula 209, 213, 215, 217, 220, 223
Nauplia 210.
Nauplius 209, 214.
Naviculeen 220, 345.
Neckera complanata 146.
— *viticulosa* 146.
Nectria 46.
Neottia nidus avis 463.
Nicotiana tomentosa 202.
Nigritella 465.
Nitella syncarpa 516.

Nitzschia 209, 218.
— *acicularis* 210, 215, 217, 219, 220, 221.
— *communis* 219.
— *sigmoidea* 220.
Nitzschien 345.
Notholca longispina 210, 214.
Nuphar luteum 620, (52).
— *pumilum* (52).
Nymphaea alba vivipara 620.
— *dentata* 199.

Ochromonas 157.
Oedogonium 152, 214, 337.
Oenanthe 246
Oenothera 406, 407.
— *albida* 407.
— *biennis* 407.
— *biennis Chicago* 415.
— *cruciata* 414, 415.
— *gigas* 163, 164, 406, 414, 416.
— *gigas* × *Lamarckiana* 412.
— *grandiflora* 407.
— *laevifolia* 407.
— *Lamarckiana* 406 - 416.
— *Lamarckiana semigigas* 414, 416.
— *lata* 407, 411, 414, 415.
— *lata* × *gigas* 411.
— *lata* × *hirtella* 413.
— *lata* × *O. Lamarckiana* 407.
— *Millersi* 414, 415.
— *muricata* 414, 415.
— *nanella* 407.
— *oblonga* 407.
— *rubrinervis* 407, 414, 415.
— *semigigas* 414, 415.
— *sublinearis* 413.
okunelie 425.
okwere 423
Olea fragrans 202.
Onobrychis sativa 464.
Ophrys 365, 366.
— *apifera* 365.
— *aranifera* 365.
— *muscifera* 365, 464.
Opuntia brasiliensis 30.
— *Raffinesquiana* 201.
Orchis coriophora 463.
— *coriophora* var. *fragrans* 463.
Orchis fragrans 464.
— *globosa* 465, (50).
— *incarnata* 463.
— *laxiflora* 463.
— *militaris* 463.
— *pallens* 463.
— *purpurea* 463.
— *Rivini* 463.
— *Simia* 463.
— *Traunsteineri* 463.
— *ustulata* 463.
Orobanche 371, 382.
— *ramosa* 371.
— *rubens* 371.
— *speciosa* 371.
Orthothecium intricatum (51).
— *rufescens* (52).
Oscillarien 314.
Oscillaria sancta forma violacea 314.
Oscillariaceen 470.
Oscillatoria 316, 318, 663.
— *agardhi* 220, 339.
— *formosa* 315, 320.
— *limosa* 320, 339.
— *rubescens* 214, 215, 225.
Ostrya carpinifolia 486, 490.
Oxalis (33).

Palmella 154.
Pandorina morum 215, 220, 223.
Pancolus helvolus (37), (38), (39), (40).
Papaver orientale 369.
Pappel 497.
Pastinaca opaca 582, 584, 585.
— *sativa* 581, 582, 584, 585.
— *urens* 582.
Pastinak 581, 583, 585
Pediastrum 218, 222, 339.
— *boryanum* 214, 218, 223.
— *pertusum* 210, 223.
— *selenaea* 220.
— *simplex* 220.
Pediculoides 656.
— *dianthophilus* 655, 656.
Pediculopsis 656.
— *gramineum* 656, 657, 658, 661, 662.
Pelargonium 183, 185.
Penicillium 444.
Peniophora glebulosa (39).

Peridinium 210, 213, 215, 224.
— *divergens* 223.
— *tabulatum* 215.
Peronospora 233.
— *parasitica* 233, 234.
Petasites albus (50).
Peziza aurantiaca 448, 449.
Phacotus lenticularis 219, 221.
Phajus grandifolius 628.
Phaseolus 98, 189, 422, 642, 644, (3), (29), (30), (31), (33).
— *antillanus* 420.
— *lunatus* 422.
— *multiflorus* 142, 143, 642, (30).
— *vulgaris* 185.
Pholidota articulata 370.
— *imbricata* 370.
Phormidium 315—318, 663.
— *autumnale* 315, 320.
— *tenue* 314.
Phycomyces 682.
— *nitens* 679, 683, 684, 685, (4).
— *nitens* var. *piloboloides* 679, 682, 683, 684, 685.
Phyllocactus Ackermanni 201.
Phyllum femininum 382, 383.
— *marinum* 382.
Physcia parietina 69.
Picea pungens 462.
Pilobolus 37.
Pinguicula vulgaris (60).
Pinus montana (54), (57).
— *montana Mill.* var. *uncinata Ramon* 672, 673, 674, 676.
— *mughus* (55).
— *nigra* 671, 672, 675, 676, 678.
— *pumilio* (55).
— *silvestris* 173, 462, (54).
— *uncinata* 672, (55).
Pirola americana 566, 567, 571.
— *asarifolia* 561—571.
— *asarifolia* var. *incarnata* 566.
— *bracteata* 563, 565—567, 570, 571.
— *bracteosa* 563, 566.
— *chlorantha* 562, 563, 566, 567, 569, 570.
— *Forrestiana* 571.
— *grandiflora* 566.
— *japonica* 564, 566,
— *incarnata* 565, 566, 569.
Pirola media 562, 565.
— *nephrophylla* 565.
— *obovata* 569.
— *Palaeo rotundifolia* 571.
— *picta* 567.
— *pumila* 565.
— *rotundifolia* 561—563, 565—571.
— *rotundifolia* var. *albiflora* 565.
— *rotundifolia* forma *americana* 564.
— *rotundifolia* var. *asarifolia* 565, 569.
— *rotundifolia* var. *bracteata* 565.
— *rotundiolifa* var. *chlorantha* 569.
— *rotundifolia* α *genuina fl. albo* 566.
— *rotundifolia* var. *japonica* 569.
— *rotundifolia* var. *incarnata* 561—563, 565, 566, 569.
— *rotundifolia* var. *nummularia* 569.
— *rotundifolia* var. *pumila* 565, 566.
— *rotundifolia* var. *uliginosa* 565, 570.
— *uliginosa* 561, 563, 565—571.
Pirolaceae 561, 564.
Pirus malus 83, 84, 85, 86, 93.
Pistacia vera 382.
Pistacium mas 379.
Pistia stratiotes 200, 332.
Plantago 204.
— *lanceolata* 198.
— *media* 198.
Plasmopara 591.
— *viticola* 587.
Platanthera 465.
Platyclinis glumacea 370.
Plectranthus fruticosus 67.
Pleurococcus 78.
— *Naegelii* 76.
— *vulgaris* 75, 76.
Pleurosigma 215, 223.
— *acuminatum* 210.
— *attenuatum* 220, 221.
Plocamium 284, 285.
— *cocrneum* 284, 285,
Poa 656.
— *pratensis* 655, 662.
Polyarthra 209, 220.
— *platyptera* 210, 215.
Polycystis aeruginosa 419.
Polygonatum verticillatum (50).
Polygonum bistorta (50).
Polypodium majus viterbiense 378.
— *vulgare* 378.

Polyloma 157.
Pontederia cordata 199.
— *crassipes* 199.
Populus 90,
— *alba* 494.
— *nigra* 90, 93.
— *tremula* 190.
Portulaca (33).
— *oleracea* 201.
Precissia commutata (51).
Prenanthes purpurea (50).
Primeln 583.
Primula 179, 330.
— *auricula* (51).
— *mollis* 330, 333.
— *obconica* 330, 331, 333, 334.
— *sinensis* 412.
Prosopis velutina 197.
Protozoen 215, 222.
Psaliota campestris 627,
Psathyrella disseminata (36), (39), (41).
Pseudobryopsis 431.
Puccinia Malvaccarum 522, 525, 526, 527, 528.
Pustularia vesiculosa 621.
Pyrola 562, 563.

Quercus 189. 230.
— *pedunculata* 81, 174, 229, 487, 488, 491.

Radiolaria 437.
Ramondia 650.
„*Ram's Horn Black-Eye*“ 426.
Ranunculus 371—373.
— *acer* 371, 372.
— *aconitifolius* (50), (57).
— *aquatilis* 372.
— *asiaticus* 372.
— *bulbosus* 372.
— *Ficaria* 371.
— *flammula* 372.
— *Lingua* 372.
— *repens* 372.
— *sceleratus* 649, 650.
— *sulphureus* 372.
Reseda luteola 469.
Rhaphidiophrys 210.
Rheum 247.
Rhizocaulon 10, 11, 13, 15, 16.
— *Brongniartii* 11, 12.
Rhizoctonia 436.
Rhizopoden 154, 437.
Rhizosolenia 225.
Rhytisma 385, 386—389.
— *acerinum* 385, 386, 387, 388, 390, 391.
— *acerinum fo. spec. campestris* 387.
— *pseudoplatani* 387, 388.
— *punctatum* 387.
Richteriella botryoides 223.
Rotbuche 399, 498.
Rosa 497.
Roßkastanie 399.
Rotifer actinurus 218, 339.
Rotiferiden 220.
Rumex alpinus (60).
— *arifolius* (60).

Saccharum officinarum 199.
Sagittaria 497, 501, 502.
Salix 502.
— *alba* 488, 494.
— *aurita* 91.
— *babylonica* 488, 494.
— *herbacea* 378.
— *incana* 494.
— *pentandra* 487, 488, 491.
— *polaris* 114.
— *reticulata* 114.
— *retusa* 378.
Salvia pratensis 464.
Sambucus 91.
— *nigra* 91.
Saponaria officinalis 579.
Saprolegnia 132, 621.
Sarcina ureae 445, 446.
Sargassum 337.
Sarothamus scoparius (49).
Satyrium hircinum 463.
Saururus cernuus 199.
Saxifraga 515.
— *Aizoon* (51).
— *stellaris* (58).
Scapania aequiloba (51).
— *paludosa* (60).

Scenedesmus 222.
— *acutus* 71, 72, 218—220.
— *caudatus* 217, 219, 220.
— *obtusus* 218, 219.
— *quadricauda* 220.
Schachtelhalme (50).
Scheuchzeria palustris (53).
Schizochlamys 220.
— *gelatinosa* 223.
Schizogonium 76.
— *radicans* 75.
Schizomycetes 666.
Schizoneura lanuginosa 419.
Schizophyceae 663.
Schoenodendron 13, 15.
— *Buecheri* 10, 12, 15.
Schroederia setigera 210.
Schwefel-Spirillum 263, 264.
Sciadopitys verticillata 462.
Scirpus caespitosus (54).
Scolopendrium 621, 622.
Scorodosma foetidum 246.
Secale cereale 170, 292.
Sedum 515.
— *reflexum* 619.
— *telephium* 618, 619.
Selaginella 30, 611, 627.
— *erythropus* 622.
— *selaginoides* (60).
Sempervivum 515.
— *tectorum* 201.
— *urbicum* 201.
Senecio Fuchsii (57).
Sesleria 692.
Sicyos angulata 436.
Silene rupestris (51).
Sinningia 649, 650.
Sisymbrium 234.
Smithiantha zebrina 650.
Solanum Melongena 35.
Soldanella (60).
— *alpina* (60).
Sorbus 495.
— *Aria* 495.
— *chamaemespilus* (58).
— *torminalis* 230.
Sparganium affine (52).
— *ramosum* 199.
Sparmannia africana 202.
Sphaceloma ampelinum 587.
Sphaeria Vitis 586.
Sphaerotilus 214, 215, 217—220, 340.
— *natans* 209, 217, 218, 221, 222.
Sphagnum 173—175, 396, (53).
Spiraea 502.
— *Douglasii* 487, 488, 491.
Spirken (56).
Spirillum 263, 264, 266, 273, 274,
— *granulatum* 263.
— *volutans* 264.
Spirogyra 215, 436, 438, 439, 529, 531, 532, 622, 623, 627.
Splachnum ampullaceum (46).
Sporodinia 128, 132, 448.
— *grandis* 128, 131, 446, 448.
Sporotrichum 654, 655—658, 661.
— *anthophilum* 655.
— *Poae* 655, 656, 658—660, 662.
Staphylococcus aureus 445.
Staurastrum 215, 221.
Stechpalme (49).
Stephanodiscus 217, 219—221.
— *Hantzschianus* 211, 218, 430.
Stieleiche 499.
Streptocarpus grandis 650, 651.
Streptopus amplexifolius 57.
Strobilanthes 27—29, 134, 136.
— *anisophyllus* 135—137.
— *glomeratus* 135.
Sumpfporst (54).
Surirella 664.
— *biseriata* 220.
— *splendida* 220.
Sweertia perennis (60).
Synchaeta pectinata 215.
Synchytrium 147—149.
— *muscicola* 146, 147.
— *pyriforme* 146—148, 150,
Synedra actinastroides 218—223.
— *acus* 210, 215, 217, 218, 220—222. 664.
— *delicatissima* 214, 215, 223.
— *ulna* 215, 220.
Syringa 231, 573, 574, 577, 578.
— *vulgaris* 195, 232, 572.

Tabellaria fenestrata 210, 215, 220.
Tagetes erecta 198.
Tanne 185.

Taubenbohne 423.
Taxus 58. 276, 278, 455, 459, 460, 461.
— *baccata* 186, 277, 462, (49).
Telekia 579.
— *speciosa* 578.
Tetraspora 220.
Thalassicola nucleata 436.
Thelaia 561, 571.
— *asarifolia* 569, 570.
Thiobacteria 663.
Thioploca 470, 663, 664—666.
— *ingrica* 470, 471, 473, 474, 662, 663.
— *Schmidtei* 470, 472, 662.
Thiospirillum 262, 264, 265, 267, 268, 273, 274.
— *Winogradskii* 263, 264.
Thiothrix 340, 470, 663, 665.
Thlaspi perfoliatum 464.
Thuja 159—162.
— *articulata* 103, 162.
— *occidentalis* 159, 160, 162.
Tilia 30, 227, 229, 231.
— *grandifolia* 227, 232.
— *parvifolia* 174, 232.
Tintinnidium fluviatile 217.
Tintinnopsis 223, 224.
Tsuga 185, 461.
— *canadensis* 188.
Tradescantia 58, 59, 63, 259, 304.
— *discolor* 54, 58, 198, 199, 304, 510, 706, 708, 710, 711—713.
Trentepohlia 78.
— *umbrina* 76.
Trianaea bogotensis 200.
Triarthra 218.
— *longiseta* 220.
Trichosma suavis 369.
Trientalis europaea (58).
Triticum 163, 164, 167, 169—171.
— *dicoccoides* 165—170, 172.
— *dicoccum* 164.
— *monococcum* 164, 166.
— *monococcum* var. *lasiorrhachis* 164.
— *polonicum* 164.
— *sativum* 164.
— *Spelta* 164.
— *tenax* 164.
— *vulgare* 164—168, 170, 172.
— *vulgare* var. *compactum* 165.
Triticum vulgare ♂ × *Aegilops ovata* ♀ 167, 168.
Trollius 373, (50).
— *europaeus* 372.
Tropaeolum 599.
Tubifex rivulorum 664.
Tulpe 560.
Typha hybrida var. *grandiflora* 649, 651.
— *Lindenii* 649, 651.
Tylenchus 347, 358, 359.

Ulex 501.
— *europaeus* 503.
Ullucus tuberosus 198.
Ulmus 30, 82, 138.
— *campestris* 486—488, 490, 493, 495.
— *montana* 486, 493.
— *montana* var. *pendula* 487, 488, 492.
Ulva 283—285, 287.
— *Lactuca* 283—288.
Uredo 525.
Urginea maritima (*L.*) *Baker* 247.
Urobacillus Leubei 446.
— *pasteurii* 446.
Urocystis 290, 292.
— *Antipolitana* 292.
— *Bornmülleri* P. Magn. 290—292.
— *occulta* 292.
Uroglena volvox 210, 214.
Ustilagineen 522.
Ustilago antherarum 522, 523, 524, 527.
— *Maydis* 5.
— *segetum* 293.
— *striiformis* 293.
— *Trebouxi* 293.
Utricularia 337, 340.

Vaccinium vitis idaea 184, 189.
Vallisneria 200.
— *spiralis* 200.
Valsa 589, 592.
— *ampelina* 593.
— *viticola* 593.
— *Vitis* 586, 587, 590—594.
Vaucheria 531, 621—623, 627, 629.
Velloziaceen 13.
Velutina 415.

Verbascum 145.
— *Thapsus* 144.
Veronica alpina 378.
— *saxatilis* (58).
Viburnum Tinus 53.
Vicia 466.
— *Faba* 53, 142, 143, 370, 406, 498, 620, 633.
— *faba major* 307.
Victoria regia 199.
Vigna 422.
— *catjang* 420, 423.
— *sesquipedalis* 420.
— *sinensis* 420—423, 426.
— *sinensis* forma *badia* 425.
— *sinensis* forma *ferruginea* 424.
— *sinensis nigro-ocellata* 425.
— *sinensis* forma *schizochroa* 422.
— *sinensis* forma *textilis* 423.
— *unguiculata* 420.
Vincetoxicum officinale (47).
Viola palustris (60).
Viscum 650.
— *album* 650.
Vitis Riparia 592.
— *rupestris* 592.
— *vinifera* 587, 592, 593.
— *vulpina* 593.

w o a k e 424.
Weinstock 399.
Weizen 560.
Woodsia hyperborea (46).

Xanthoria 71, 72, 74, 75, 76, 77.
— *parietina* 69, 71—74, 77, 78.

Zamia 621.
Zea Mais (*Zea Mays*) 4, 53.
— *mais* var. *androgyna* 4.
Zizania palustris 199.
Zoochlorella 433, 435.
Zoogloea 210.
Zygorynchus 130, 132, 133.
— *heterogamus* 126, 127, 130.
— *Moelleri Vuill.* 126, 127, 132.

Mitgliederliste.

(Abgeschlossen am 17. Februar 1913.)

Ehrenpräsident.

S. Schwendener, Geheimer Regierungsrat, Professor der Botanik und Mitglied der Akademie der Wissenschaften, in **Berlin W 10**, Matthäikirchstraße 28.

Ehrenmitglieder.

Bower, F. O., Professor der Botanik an der Universität in **Glasgow**, 1. Hillhead, St. Johns Terrace. Erwählt am 12. September 1907.

Famincyn, A., emer. Professor der Botanik, Mitglied der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in **St. Petersburg**, Wassiliew Ostrow 7te Linie 2. Erwählt am 1. Dezember 1903.

Fries, Dr. **Th. M.**, em. Professor der Botanik an der Universität in **Uppsala**. Erwählt am 12. September 1907.

Nathorst, Dr. **Alfred G.**, Professor und Direktor des Phytopaläontologischen Museums, Mitglied der Kgl. Schwed. Akademie der Wissenschaften in **Stockholm**, C. Drottninggatan 96. Erwählt am 12. September 1907.

Nawashin, Dr. **S.**, Professor der Botanik in **Swjatoschino**, Gouv. Kiew. Erwählt am 12. September 1907.

Prain, Dr. **David**, Direktor der Botanischen Gärten in **Kew** bei London. Erwählt am 12. September 1907.

Thaxter, Dr. **Roland**, Professor der Botanik an der Harvard-Universität in **Cambridge**, Mass. (U. S. A.), 7 Scott-Str. Erwählt am 12. September 1907.

Van Tieghem, Ph., Professor der Botanik, Mitglied des Institut de France in **Paris**, 16 rue Vauquelin. Erwählt am 12. September 1907.

de Vries, Dr. **Hugo**, Professor der Botanik an der Universität in **Amsterdam**, Parklaan 9. Erwählt am 24. September 1891.

Warming, Dr. **Eug.**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Museums, Mitglied der Königl. Akademie der Wissenschaften in **Kopenhagen**. Erwählt am 24. September 1891.

Winogradsky, Dr. **Sergius**, in **St. Petersburg**, Kaiserl. Institut für experimentelle Medizin. Erwählt am 12. September 1907.

Wittrock, Dr. **V. B.**, Professor der Botanik, Mitglied der Königl. Akademie der Wissenschaften in **Bergielund**, Albano bei Stockholm. Erwählt am 7. August 1908.

Korrespondierende Mitglieder.

Andersson, Dr. **Gunnar**, Professor in **Djursholm** bei Stockholm.

Balfour, J. Bailey, Professor der Botanik an der Universität in **Edinburg**.

Beccari, Odoardo, vordem Direktor des Botanischen Gartens und Botanischen Museums in Florenz, z. Z. in **Baudino** bei Florenz, Villa Beccari.

Beijerinck, Dr. **M. W.**, Professor am Polytechnikum in **Delft** (Holland).

Bonnier, Dr. **Gaston**, Mitglied des Institut de France, Professor der Botanik an der Universität in **Paris**, Rue d'Estrapade 15.

Briquet, Dr. **John**, Direktor des Botanischen Gartens in **Genf**.

Brotherus, Dr. **Viktor Ferdinand**, Professor in **Helsingfors**.

de Candolle, Casimir, in **Genf**.

Cavara, Dr. **Fr.**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens in **Neapel**.

Chodat, Dr. **Robert**, Professor der Botanik an der Universität in **Genf**.

Christ, Dr. **Hermann**, Oberlandesgerichtsrat in **Riehen** bei Basel, Burgstraße 110.

Darwin, Francis, M. B., F. R. S., F. L. S. in **Cambridge** (England), 13 Madingley Road.

Elfving, Dr. **Fredrik**, Professor an der Universität und Direktor des Botanischen Gartens in **Helsingfors**.

Farlow, Dr. **W. G.**, Professor der Botanik an der Universität in **Cambridge**, Mass. (U. S. A.).

Flahault, Dr. **Charles**, Professor an der Universität, Direktor des Botanischen Instituts in **Montpellier**.

Guignard, Dr. **Léon**, Professor der Botanik an der École supérieure de pharmacie, Mitglied des Institut de France in **Paris**, 1 rue des Feuillantines.

Harper, R. A., Professor an der Columbia-Universität in **New York** (U. S. A.).

Hemsley, W. B., F. R. S., F. L. S. in **Kew** bei London.

Henriques, Dr. **J. A.**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens in **Coimbra** (Portugal).

Ikeno, Dr. **S.**, Professor an der Universität in **Tokio.**

Johannsen, Dr. **W.**, Professor der Pflanzenphysiologie an der Universität in **Kopenhagen.**

v. Lagerheim, Dr. **G.**, Mitglied der Kgl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften, Professor an der Universität, Direktor des Botanischen Instituts in **Stockholm.**

Lecomte, Dr., Professor in **Paris.**

Mangin, Dr., Professor in **Paris.**

Massart, Dr. **J.**, Professor an der Universität in **Brüssel.**

Matsumura, Dr. **J.**, Professor an der Universität, Direktor des Botanischen Gartens in **Tokio.**

Miyoshi, Dr. **Manabu**, Professor an der Universität in **Tokio.**

Oliver, Daniel, Professor der Botanik, Mitglied der Royal Society in **Kew** bei London.

Oliver, F. W., Professor der Botanik am University College in London 1 the Vale, **Chelsea** bei London SW.

Palladin, Dr. **Wl. J.**, Professor an der Universität in **St. Petersburg.**

Penzig, Dr. **Otto**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens in **Genua.**

Reiche, Dr. **Karl**, Professor der Botanik an der Universität Mexico (Escuela de Altos Estudios) und Sektionschef am Instituto Médico Nacional in **Mexico**, D. F. Apartado 656.

Ridley, H. N., M. A., Direktor des Botanischen Gartens in **Singapore.**

Robinson, Dr. **B. L.**, Professor an der Universität und Kurator des Gray-Herbariums in **Cambridge**, Mass. (U. S. A.).

Rothert, Dr. **Wl.**, früher Professor an der Universität in Odessa, in **Krakau**, Slowackiallee 1.

Saccardo, Dr. **P. A.**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens an der Universität in **Padua.**

Scott, Dr. **D. H.**, in **East Oakley House**, Oakley, Hants (England).

Seward, A. C., Professor in **Cambridge**, Huntingdon Road (England).

Stapf, Dr. **Otto**, Keeper of Herbarium and Library in **Kew** bei London.

Trelease, William, Professor an der Universität, Direktor des Missouri Botanical Garden in **St. Louis** (U. S. A.).

Went, Dr. **F. C.**, Professor der Botanik in **Utrecht** (Holland).

Wildeman, Dr. **Em. de**, Professor in **Brüssel.**

Wille, Dr. **J. N. F.**, Professor an der Universität, Direktor des Botanischen Gartens in **Christiania.**

Willis, John Chr., M. A., Direktor des Botanischen Gartens in **Rio de Janeiro.**

Mitglieder.

Abranowicz, Erna, in **Wien IX**, Burggasse 29.

Abromeit, Dr. **Johannes**, Professor, Privatdozent der Botanik an der Universität, Assistent am Botan. Garten in **Königsberg i. Pr.**, Tragheimer Kirchenstraße 30.

Allen, Dr. **Charles E.**, Professor of Botany in the University of Wisconsin in **Madison**, Wis. (U. S. A.), 2014 Chamberlain Avenue.

Ambronn, Dr. **H.**, Professor und Direktor des Instituts für Mikroskopie an der Universität in **Jena**, Goethestraße 18.

Anders, Gustav, Lehrer in **Westend** bei Berlin, Akazienallee 29.

Anderson, Dr. **Alexander P.**, 5558 Everett Avenue, American Cereal Co., in **Chicago**, Ill. (U. S. A.).

Andrée, Ad., Apothekenbesitzer in **Hannover**, Schiffgraben 36.

Andres, Heinrich, Lehrer in **Bonn W** (Poppelsdorf), Kirschallee 12.

Andrews, Dr. **Frank, Marion**, Associate Professor of Botany an der Indiana University in **Bloomington**, Indiana (U. S. A.), 901 East 10th Street.

Anisits, Daniel, Professor, in **Berlin-Steglitz**, Zimmermannstr. 2, III.

Appel, Dr. **Otto**, Regierungsrat, Mitglied der Kaiserl. Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft in **Berlin-Dahlem.**

Arcangeli, Dr. **Giov.**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens in **Pisa**, Via S. Maria.

Arnoldi, Dr. **Wladimir**, Professor der Botanik an der Universität in **Charkow**, Botanischer Universitätsgarten, Klotschkowskaja 52.

Artari, Dr. **A.**, Privatdozent in **Moskau**, Botan. Laborator. d. Kaiserl. Techn. Hochschule.

Arthur, J. C., Professor der Botanik an der Purdue University in **Lafayette**, Indiana (U. S. A.).

Ascherson, Dr. **Paul**, Geheimer Regierungsrat, Professor der Botanik an der Universität in **Berlin W**, Bülowstraße 50, pt.

Babiy, Johanna, in **Mödling** bei Wien.

Baccarini, Dr. **Pasquale,** Professor und Direktor des Reale Orto botanico in **Florenz,** Via Lamarmora Nr. 6 bis.

Bachmann, Dr. **E.,** Professor, Konrektor am Realgymnasium in **Plauen** im Vogtlande, Leißnerstr. 1.

Bachmann, Dr. **Hans,** Professor in **Luzern,** Brambergstr. 5a.

Baesecke, Dr. **P.,** Apotheker in **Braunschweig,** Eiermarkt 1.

Ball, Dr. **O. Melville,** Professor der Biologie in **College Station,** Texas (U. S. A.).

Bally, Dr. **Walter,** Privatdozent der Botanik, Assistent am Botan. Institut der Universität in **Bonn,** Kurfürstenstr. 11.

Bartke, R., Professor an der Städtischen Realschule in **Kottbus,** Turnstr. 7, pt.

Baur, Dr. **Erwin,** Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Instituts an der Landwirtschaftlichen Hochschule in **Berlin N,** Invalidenstr. 42. Wohnung: Friedrichshagen bei Berlin.

Beck, Dr. **Günther, Ritter von Mannagetta und Lerchenau,** Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens und Instituts der Deutschen Universität in **Prag II,** Weinberggasse 3a.

Becker, H., Dr. med. in **Grahamstown** (Südafrika), Die Duveneck.

Behrens, Dr. **Joh.,** Geh. Regierungsrat, Professor, Direktor der Kaiserl. Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft in **Berlin-Dahlem.**

Belajeff, Dr. **W.,** Kurator der Volksaufklärung in **Warschau,** Krakauer Vorstadt 28 (Rußland).

Benecke, Dr. **W.,** Professor der Botanik an der Universität in **Berlin NW,** Botan. Institut, Dorotheenstr. 6.

Berthold, Dr. **G.,** Geh. Regierungsrat, Professor der Botanik und Direktor des Pflanzenphysiologischen Instituts in **Göttingen.**

Bessey, Dr. **Ernst A.,** B. Sc., M. A., Professor of Botany am Michigan Agricultural College in **East Lansing,** Michigan (U. S. A.).

Beyer, R., Professor, Oberlehrer in **Berlin O,** Raupachstr. 13, I.

Bitter, Dr. **Georg,** Direktor des Botanischen Gartens in **Bremen.**

Bode, Dr., Assistent am Institut für Gärungsgewerbe in Berlin N, Seestr. 61, in **Hermsdorf** bei Berlin.

Bœrgesen, Dr. **Fr.,** Bibliothekar am Botanischen Museum in **Kopenhagen,** Östbanegade 7.

Bogen, Alfred, Lehrer in **Berlin O,** Eldenaer Str. 20.

Bohlin, Dr. **Knut,** Lektor, Privatdozent der Botanik an der Universität in **Stockholm,** Asögatan 79.

Bohutinský, Gustav, Professor an der Höheren Landwirtschaftlichen Lehranstalt in **Križevci** (Kroatien).

Boresch, Dr. **Karl**, Assistent am Pflanzenphysiologischen Institut der Deutschen Universität in **Prag II**, Weinberggasse 3a.

Borzi, **A.**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens und des Pflanzenphysiologischen Instituts der Universität in **Palermo.**

Brand, Dr. **Friedrich**, in **München**, Liebigstr. 3.

Brandes, **W.**, Medizinalrat, Apotheker in **Hannover**, Maschstr. 3a.

Braungart, Dr. **R.**, Professor in **München**, Fürstenstr. 18, I.

Bremerkamp, Dr. **C. E. B.** in **Pasuruan** (Java).

Brendel, **R.**, Fabrikant botanischer Modelle in **Berlin-Grunewald**, Bismarckallee 37.

Brick, Dr. **C.**, Professor, Assistent am Botanischen Museum, Leiter der Station für Pflanzenschutz in **Hamburg V**, St.-Georgs-Kirchhof 6, I.

Briosi, Dr. **Giovanni**, Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Laboratorio crittogamico in **Pavia** (Italien).

Bruck, Dr. **Werner Friedrich**, Privatdozent in **Gießen**, Liebigstr. 97, II.

Brunnkow, **Reinhardt** in **Stettin.**

Brunn, Dr. **Julius**, in **Kiel**, Harmsstr. 12b.

Brunnthaler, **Josef**, Konservator am Botan. Institut der Universität, Generalsekretär der k. k. Zool.-botan. Gesellschaft in **Wien III**, Stanislausgasse 5.

Bubák, Dr. **Franz**, Professor der Botanik und der Pflanzenkrankheiten an der Landwirtschaftlichen Akademie in **Tábor** (Böhmen).

Bücher, Dr. **Hermann**, Versuchsanstalt für Landeskultur in **Victoria** (Kamerun), z. Z. Buea (Kamerun).

Bucherer, Dr. **Emil**, in **Basel**, Jurastr. 54.

Buchwald, Dr. **Johannes**, Professor, Wissenschaftlicher Direktor der Versuchsanstalt für Getreideverarbeitung in **Berlin NW 23**, Klopstockstr. 49.

Buder, Dr. **Johannes**, Privatdozent an der Universität in **Leipzig**, Botanisches Institut, Linnéstr. 1.

Burchard, Dr. **O.**, in **Puerto de Orotava**, Teneriffa, Kanarische Inseln La Paz. Adr. für Paketsendungen: Kais. Deutsches Konsulat, Santa Cruz de Tenerife, Canarias, via Hamburg p. Wörmann-Linie.

Burgeff, Dr. **Hans** in **München**, Pflanzenphysiolog. Institut.

Burgerstein, Dr. **Alfred**, k. k. Regierungsrat, a. o. Professor an der Universität in **Wien II/1**, Karmeliterplatz 5.

Burret, Dr., Assistent am Botanischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule in **Berlin N 4**, Invalidenstr. 42.

Buscalioni, Dr. **Luigi**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens in **Catania** (Sizilien).

Büsgen, Dr. **M.**, Professor der Botanik an der Forstakademie in **Hann.-Münden**, Bismarckstr. 606a.

Busse, Dr. **Walter**, Geh. Reg.-Rat, Vortragender Rat im Reichskolonialamt, Privatdozent der Botanik an der Universität Berlin, in **Berlin-Wilmersdorf**, Hildegardstr. 2.

Campbell, Dr. **Douglas H.**, Professor der Botanik an der Stanford University in **Palo Alto**, Kalifornien (U. S. A.).

Cavara, Dr., **Fridiano**, Professor der Botanik und Direktor des Reale Orto botanico in **Neapel**.

Čelakovsky, Dr. **Ladislav**, Professor der Botanik an der Böhmischen Technischen Hochschule in **Prag**, Kgl. Weinberge, Villa Gröbe.

Chamberlain, Dr. **Charles**, Associate Professor of Botany, in **Chicago**, Ill. (U. S. A.), University, Dpt. of Botany.

Chodat, Dr. **R.**, Professor der Botanik an der Universität in **Genf**.

Christensen, **Carl**, mag. scient. in **Kopenhagen**, Skaanesgade 6.

Claußen, Dr. **Peter**, Regierungsrat, Professor, Mitglied d. Kais. Biolog. Anstalt für Land- und Forstwirtschaft, Privatdozent an der Universität Berlin, in **Berlin-Steglitz**, Rothenburgstr. 41, III.

Conwentz, Dr. **H.**, Geh. Regierungsrat, Professor, Leiter der Staatlichen Stelle für Naturdenkmalpflege in Preußen, in **Berlin W 57**, Elßholzstr. 13 II.

Correns, Dr. **Carl E.**, Professor der Botanik, Direktor des Botanischen Gartens und des Botanischen Instituts der Universität in **Münster i. W.**, Schloßgarten.

Cuboni, Dr., Professor, Direktor der Stazione di Patologia vegetale in **Rom**, Via St. Susanna.

Czapek, Dr. **Friedrich**, Professor der Botanik an der k. k. Deutschen Universität in **Prag II**, Pflanzenphysiologisches Institut der Universität, Weinberggasse 3a.

Dalmer, Dr. **Moritz**, Gymnasialoberlehrer in **Tannenfeld** bei Möbdenitz (Sachsen-Altenburg).

Damm, Dr. **Otto**, ordentlicher Lehrer an der höheren Mädchenschule in **Charlottenburg 5**, Windscheidstr. 25.

Darbishire, Dr. **O. V.**, in **Bristol**, Universität.

Davis, Dr. **Bradley Moore**, Professor in **Philadelphia**, Pa. (U. S. A.), University of Pennsylvania, Botanical Laboratory.

v. Degen, Dr. **Arpad**, Direktor der Samenkontrollstation in **Budapest VI**, Varosl. fasor 20.

Deleano, Dr. **Nicolas C.**, in **St. Petersburg**, Petersburgskaja Storana Bolschaja Puschkarskaja 28a, z. Z. Marburg a. L., Villa Sibiria.

Dengler, Dr., Kgl. Oberförster in **Reinhausen**, Kr. Göttingen, Oberförsterei.

Dennert, Dr. **E.**, Professor, wissenschaftlicher Direktor des Keplerbundes in **Godesberg a. Rhein**, Römerstr. 23.

Detmer, Dr. **W.**, Professor der Botanik an der Universität in **Jena**, Sonnenbergstr. 1a.

Derschau, Dr. **Max von**, in **Auerbach** an der Bergstraße (Hessen).

Diels, Dr. **L.**, Professor der Botanik in **Marburg a. d. Lahn**, Bismarckstraße 32.

Dietel, Dr. **P.**, Oberlehrer in **Zwickau**, Carolastr. 21.

Dingler, Dr. **Hermann**, Professor der Botanik in **Aschaffenburg** (Bayern), Grünewaldstr. 15.

Dittrich, Dr. **Gustav**, Gymnasialoberlehrer in **Breslau XVI**, Uferzeile 14.

Docters van Leeuwen, Dr. **W.**, in **Samarang** (Java).

Dohrn, Dr. **Reinhard**, Direktor der Zoologischen Station in **Neapel.**

Doposcheg-Uhlâr, Dr. **J.**, k. k. Hauptmann a. D. in **München**, Ohmstr. 15.

Drude, Dr. **Oskar**, Geh. Hofrat, Professor der Botanik an der Technischen Hochschule und Direktor des Botanischen Gartens in **Dresden**, Botanischer Garten.

Duggar, Dr. **Benjamin M.**, Professor der Pflanzenphysiologie am Missouri Botanical Garden in **St. Louis**, Miss. (U. S. A.).

Dunzinger, Dr. **Gustav**, Assistent am Botanischen Institut der Technischen Hochschule in **München**, Agnesstr. 4.

Dusén, Dr. **P.**, in **Berg** bei Vreta Kloster, Östergotland in Schweden, z. Z. p. Adr. Dr. Vestermann in Curitzbo, Estado do Parona (Brasilien).

Duysen, Dr. **Franz**, Assistent an der vegetabilischen Abteilung der Kgl. Landwirtschaftl. Hochschule in **Berlin NW 23**, Altonaer Str. 10.

East, Dr. **Edward Murray**, Professor of Experimental Plant Morphologie an der Harvard University in Cambridge, Bussey Institution, **Forest Hills**, Mass. (U. S. A.).

Engler, Dr. **A.**, Geheimer Oberregierungsrat, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens und Museums, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, in **Berlin-Dahlem.**

Engler, Dr. **V.**, in **Breslau**, Botan. Institut d. Universität.

Ernst, Dr. **Alfred**, Professor der Botanik und Direktor des Botanisch-physiologischen Laboratoriums der Universität in **Zürich IV**, Frohburgstraße 70.

Esser, P. **HJ.** (S. V. D.), Professor der Anatomie und Physiologie der Pflanzen in **St. Gabriel** bei Mödling-Wien.

Esser, Dr. **P.**, Direktor des Botanischen Gartens in **Cöln a. Rh.**

Ewert, Dr., Professor, Lehrer der Botanik und Leiter der botanischen Abteilung der Versuchsstation des Pomologischen Instituts in **Proskau** (Oberschlesien).

Faber, Dr. **F. C. von**, Vorsteher der Botanischen Laboratorien s' Lands Plantentuin in **Buitenzorg** (Java).

Falkenberg, Dr. **Paul**, Geh. Hofrat, Professor der Botanik und Direktor des Botan. Gartens und des Botanischen Instituts in **Rostock i. M.**

Farlow, Dr. **W. G.**, Professor der Botanik an der Universität in **Cambridge**, Mass. (U. S. A.), Quincy Street 24.

Farmer, **J. B.**, M. A., Professor der Botanik in **London W**, South Park, Gerrards Cross, Bucks.

Fay, **Percy**, B. A. (Cantab.), Int. B. Sc. (London), in **Berlin NW 23**, Holsteiner Ufer 21, IV.

Fedde, Dr. **Friedrich**, Professor, Oberlehrer in **Berlin-Wilmersdorf**, Weimarische Straße 3.

Fedtschenko, **Boris von**, Oberbotaniker am Botanischen Garten in **St. Petersburg.**

Feldbausch, **Karl**, stud. jur. in **Landau** (Pfalz), Xylanderstr. 1.

Figdor, Dr. **W.**, Professor an der Universität in **Wien III**, Metternichgasse 4.

Fischer, Dr. **Alfred**, Professor der Botanik in **Leipzig**, Grassistr. 33, I.

Fischer, Dr. **Ed.**, Professor der Botanik in **Bern**, Kirchenfeldstr. 14.

Fischer, Dr. **Hugo**, Privatdozent der Botanik, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Deutschen Gartenbau-Gesellschaft, Schriftleiter der Gartenflora in **Berlin-Friedenau**, Goßlerstr. 5.

Fischer von Waldheim, Dr. **Alexander**, Kais. russischer Geheimer Rat, Exzellenz, emerit. ordentl. Professor der Botanik, Direktor des Kaiserlichen Botanischen Gartens in **St. Petersburg.**

Fitting, Dr. **Hans**, Professor der Botanik, Direktor des Botan. Instituts in **Bonn a. Rh.**, Poppelsdorfer Schloß.

Flahault, Dr. **Charles**, Professor an der Universität, Direktor des Botanischen Instituts in **Montpellier.**

Focke, Dr. **W. O.**, Medizinalrat in **Bremen**, Beim Steinernen Kreuz 5.

Forenbacher, Dr. **Aurel**, Professor, Adjunkt am Botanisch-physiologischen Institut der Universität in **Agram** (Zagreb), Primorska ut. 28.

Forti, Dr. **Achille**, in **Verona**, Via St. Eufemia.

Fries, Dr. **Rob. E.**, Privatdozent an der Universität in **Uppsala.**

Fritsch, Dr. **Karl**, Professor der Botanik und Vorstand des Botanischen Laboratoriums an der Universität in **Graz** (Steiermark), Albertstraße 19.

Fritsch, Dr. **F. E.**, Professor der Botanik am East London College (University of London) in **London NW**, Brondesbury, 77 Chatsworth Road.

Fröschel, Dr. **Pau** , Assistent am Botan. Institut in **Czernowitz.**

Fuchs, Dr. **J.**, Assistent an der Kaiserl. Biolog. Anstalt für Land- und Forstwirtschaft in **Berlin-Dahlem.**

Fünfstück, Dr. **Moritz**, Professor der Botanik an der Technischen Hochschule in **Stuttgart**, Ameisenbergstr. 7.

Furlani, Dr. **Hans**, Professor, k. k. Gymnasiallehrer in **Görz**, Corso Francesco Giuseppe 25.

Fürnrohr, Dr. **Heinrich**, Hofrat, Vorstand der Botanischen Gesellschaft in **Regensburg.**

Fujii, Dr. **K.**, Professor der Botanik in **Tokio**, Botanisches Institut und Botanischer Garten der Universität.

Gassner, Dr. **Gustav**, Professor, Privatdozent an der Universität in **Rostock i. M.**, Johann-Albrecht-Str. 15.

Gatin, Dr. **C. L.**, Préparateur de botanique à la Sorbonne in **Versailles** (Seine et Oise), 13 rue Jacques Boyceau.

Gehrmann, Dr. **K.**, Leiter des Botanischen Gartens in **Rabaul** auf Neu-Guinea.

Geisenheyner, **L.**, Gymnasialoberlehrer in **Kreuznach.**

Gerö, **Arpad.**, k. Ungar. Oberrealschulprofessor, z. Zt. in **Charlottenburg**, Pestalozzistr. 101.

Giesenhagen, Dr. **Karl**, Professor d. Botanik, Vorstand des Botanischen Instituts der Technischen Hochschule in **München**, Schackstr. 2, II.

Giessler, Dr. **Rudolf**, Kustos am Bot. Institut in **Leipzig**, Sidonienstr. 19.

Gilbert, **Edward**, **M.**, Assistant Professor of Botany, the University of Wisconsin in **Madison** (U. S. A.).

Gilg, Dr. **Ernst**, Professor der Botanik an der Universität, Kustos am Botan. Museum in **Berlin-Steglitz**, Grenzburgstr. 5.

Gjurašin, Dr. **Stjepan**, Prof. a. Mädchenlyzeum in **Agram** (Kroatien), Pantoviac 80.

Glück, Dr. **Hugo**, Professor der Botanik in **Heidelberg**, Brückenstr. 18, I.

Gobi, Dr. **Chr.**, Exzellenz, Professor der Botanik an der Universität in **St. Petersburg**, Wassilii Ostrow, 9. Linie, 46, Qu. 34.

Goebel, Dr. **K. von**, Geh. Hofrat, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens und des Pflanzenphysiologischen Instituts in **München**, Menzinger Str. 25.

Goethart, Dr. **J. W. Chr.**, Konservator am Reichsherbarium in **Leiden** (Niederlande), Rijn-Schickade 78.

Graebner, Dr. **P.**, Professor, Kustos am Botanischen Garten in Dahlem, in **Berlin-Lichterfelde**, Viktoriastr. 8.

Grafe, Dr. **Victor**, Dozent der Botanik an der Universität in **Wien VIII**, Hamerlingplatz 9.

Gran, Dr. **H.**, Professor der Botanik an der Universität in **Christiania**, Botanisches Institut.

Grosser, Dr. **Wilhelm**, Direktor der Agrikulturbotanischen Versuchsstation in **Breslau X**, Matthiasplatz 1.

Grüß, Dr. **J.**, Professor, Oberlehrer in **Friedrichshagen** bei Berlin, Königstr. 5.

Grün, **Carl**, Assistent am Laboratorium für allgemeine Botanik an der Universität in **Zürich IV**, Universitätsstr. 87, III.

Günthart, Dr. **August** in **Leipzig**, Poststr. 3.

Guttenberg, Dr. **Hermann Ritter von**, Privatdozent für allgemeine Botanik, Assistent am Botanischen Institut der Universität in **Berlin**, Dorotheenstr. 6.

Gwynne-Vaughan, **D. J.**, M. A., Professor der Botanik an der Universität in **Belfast**, Irland.

Haacke, Dr. **Otto**, Professor, Realgymnasialoberlehrer in **Plauen i. V.**, Streits Berg.

Haase-Bessell, **Gertrud**, Frau verw. Dr. med. in **Dresden-N. 6**, Hospitalstr. 3, II.

Haberlandt, Dr. **G.**, Geh. Reg.-Rat, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Instituts der Universität Berlin, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, in **Berlin-Charlottenburg**, Lietzenseeufer 1.

Hagem, **Oscar**, cand. real., Stipendiat der Botanik in **Bergen** (Norwegen), Botanisches Institut des Museums.

Hagen, Dr. **J.**, Bezirksarzt in **Trondhjem** (Norwegen).

Hallier, Dr. **Hans**, Konservator am Reichsherbarium in **Leiden** (Holland), Maria-Gonda-Straat 37.

Hämmerle, Dr. **J.**, Oberlehrer an der höheren Staatsschule in Döse bei Cuxhaven, in **Cuxhaven**, Marienstr. 29, I.

Häuser, Robert, Kand. d. höheren Lehramts in **Saarbrücken 2**, Trierer Str. 11.

Hanausek, Dr. **T. F.**, k. k. Regierungsrat, Professor in **Wien VII/3**, Schottenfeldgasse 82.

Hannig, Dr. **E.**, Prof. der Botanik an der Universität in **Straßburg i. E.**, Botanisches Institut.

Hanselmann, **E.**, stud. rer. nat., Assistent am Bot. physiol. Laboratorium d. Universität in **Zürich IV**, Leonhardstr. 19.

Hansen, Dr. **Adolf**, Geh. Hofrat, Professor der Botanik, Direktor des Botanischen Gartens in **Gießen**, Leberstr. 21.

Hansteen, Dr. **B.**, Professor an der Landwirtschaftlichen Hochschule in **Aas** bei Christiania (Norwegen).

Harder, Dr. **Richard**, Assistent am Bot. Institut der Universität in **Kiel.**

Harms, Dr. **H.**, Professor, wissenschaftlicher Beamter der Königlichen Akademie der Wissenschaften, in **Berlin-Friedenau**, Ringstr. 44.

Harper, R. A., Professor an der Columbia University New York City in **New York** (U. S. A.).

Harster, Richard, Assistent am Botan. Institut der Technischen Hochschule in **München.**

Hartmann, Dr. **Max**, Professor, Privatdozent der Zoologie an der Universität Berlin, in **Frohnau** (Mark), Maximiliancorso.

Hartwich, Dr. **C.**, Professor der Pharmakognosie an d. Eidg. Technischen Hochschule in **Zürich**, Freie Straße 76.

Haupt, Dr. **Hugo**, in **Bautzen**, Muettigstr. 35.

Hausrath, Dr. **Hans**, Professor an der Technischen Hochschule in **Karlsruhe**, Kaiserstr. 12.

Hecke, Dr. **Ludwig**, Professor an der Hochschule für Bodenkultur in **Wien XVIII**, Hochschulstr. 17.

Heering, Dr. **W.**, in **Hamburg 37**, Isestr. 27, III

Hegi, Dr. **Gustav**, Professor, Privatdozent der Botanik an der Universität in **München**, Richard-Wagner-Str. 27, III.

Heiden, Dr. **H.**, in **Rostock i. Mcklbg.**, Prinz-Friedrich-Karl-Straße 2.

Heidmann, **Anton** in **Wien III**, Neulinggasse 24.

Heilbronn, Dr. **Alfred**, Assistent am Bot. Inst. der Universität in **Münster i. W.**

Heinricher, Dr. **E.**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens der Universität in **Innsbruck.**

Heinsius, Dr. **H. W.**, in **Amsterdam**, P. C. Hooftstraat 144.

Hergt, B., Professor in **Weimar**, Cranachstr. 8.

Hering, Dr. **Georg**, Realgymnasiallehrer in **Dresden-Blasewitz**, Realgymnasium, Kyffhäuserstr. 23.

Herrig, **Friedrich**, Assistent am Bot. Institut der Universität Berlin, in **Charlottenburg**, Philippstr. 6.

Herrmann, **E.**, Königl. Regierungs- und Forstrat in **Langfuhr** bei Danzig, Kastanienweg 8.

Herter, Dr. **W.**, Professor der Botanik am Istituto agronomico (Escola d'Eughenharia) in **Porto Allegre**, Rio Grande do Sul.

Heukels, **H.**, Lehrer an der Realschule in **Amsterdam**, Weesperzijde 81.

Hieronymus, Dr. **Georg**, Professor, Kustos am Botanischen Museum zu Dahlem, in **Berlin-Steglitz**, Grunewaldstr. 27.

Hildebrand, Dr. **F.**, Geh. Hofrat, Professor der Botanik in **Freiburg i. B.**, Karlstr. 65.

Hill, **A. W.**, M. A., Assistant-Director an Royal Botanic. Gardens in **Kew**, Branstone Road 4.

Hill, **T. G.**, A. R. C. S., Assistant-Professor of Botany in **London WC**, University College.

Hillmann, Dr. **P.**, Privatdozent a. d. Landw. Hochschule, Geschäftsführer der Saatzuchtstelle der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft in **Berlin SW II**, Dessauer Straße 14.

Hils, Dr. **Ernst**, Oberlehrer in **Berlin-Halensee**, Katharinenstr. 21.

Hiltner, Dr., Professor, Regierungsrat, Direktor der Agrikulturbotanischen Versuchsanstalt in **München-Schwabing**, Osterwaldstraße 9.

Hinneberg, Dr. **P.**, in **Altona-Ottensen**, Flottbeker Chaussee 29.

Hinze, Dr. **G.**, in **Zerbst**, Friedrichsholzallee 28.

Höck, Dr. **Fernando**, Professor am Realgymnasium in **Perleberg**, Wittenberger Straße 15.

Hoffmann, Dr. **Ferd.**, Professor, Oberlehrer in **Charlottenburg**, Kaiser-Friedrich-Straße 58.

Hoffmeister, Dr. **Camill**, Professor an der k. k. Gewerbeschule in **Bielitz** (Österreich.-Schlesien).

Höhnel, Dr. **Fr.**, **Ritter von**, Hofrat, Professor an der Technischen Hochschule in **Wien IV**, Karlsplatz 13.

Höstermann, Dr. **G.**, Vorstand der pflanzenphysiologischen Abteilung und Lehrer an der K. Gärtner-Lehranstalt zu Dahlem, in **Berlin-Steglitz**, Schloßstr. 32.

Hollrung, Dr. **M.**, Professor, Lektor für Pflanzenpathologie an der Universität in **Halle a. S.**, Dorotheenstr. 18, II.

Holtermann, Dr. **Carl**, Professor, Privatdozent der Botanik in **Berlin NW**, Dorotheenstr. 6.

Horn, **Paul**, Apotheker in **Waren** (Mecklenburg).

Houtermans, **Elsa**, in **Wien I**, Börseplatz 6.

Hunger, Dr. **F. W. T.**, Direktor der Algemeen Proefstation, **Salatiga** (Java), z. Zt. Adr. Amsterdam, van Eeghenstraat 52.

Iltis, Dr. **Hugo**, Privatdozent an der Franz-Josef Technischen Hochschule in **Brünn**, Schmerlinggasse 28.

Issatschenko, Boris, Privatdozent der Botanik an der Universität, Vorsteher der Samenprüfungsstation in **St. Petersburg**, Kaiserl. Botanischer Garten.

Istvánffi, Dr. **Gyula von (Schaarschmid, J.)**, Direktor der Ungarischen Ampelologischen Zentralanstalt, in **Budapest II**, Törökvész, Debröi út 15.

Ivanow, Sergius, Magister der Botanik, Assistent in **Moskau**, Rasumowskoje C. X. U.

Iwanowski, Dr. **Dimitri**, Professor der Pflanzenphysiologie an der Universität in **Warschau**, Nowogrodzkastr. 60.

Jaap, O., Lehrer in **Hamburg 25**, Burggarten 1a.

Jaccard, Dr. **Paul**, Professor d. Botanik am Eidgen. Polytechnikum in **Zürich**, Konkordiastr. 12.

Jahn, Dr. **Eduard**, Professor, Oberlehrer in **Charlottenburg 5**, Witzlebenstr. 41.

Jakowatz, Dr. **A.**, Professor an der Landwirtschaftlichen Akademie in **Tetschen-Liebwerd** (Böhmen).

Janzen, Nikolaus, stud. phil. in **Zürich IV**, Kinkelstr. 70.

Jensen, Hjalmar, in **Buitenzorg** auf Java, 's Lands Plantentuin.

Johannsen, Dr. **W.**, Professor der Pflanzenphysiologie an der Universität in **Kopenhagen**, Botanischer Garten, Gothersgade 140.

Johnson, Dr. **T.**, F. L. S., Professor der Botanik am Royal College of Science und Kustos der botanischen Sammlungen des Nationalmuseums in **Dublin**.

Jongmans, Dr. **Wilhelm**, Konservator am Reichsherbarium in **Leiden** (Holland), Breetstraat 137.

Jost, Dr. **Ludwig**, Professor der Botanik in **Straßburg i. E.**, Botan. Institut der Universität.

Junk, W., in **Charlottenburg**, Kurfürstendamm 201.

Kabát, Jos. Em., emeritierter Zuckerfabrikdirektor in **Turnau** 544 (Böhmen).

Kamerling, Dr. **Z.**, Vorstand der biologischen Abteilung der Versuchsstation für Zuckerrohr in **Campos** (Brasilien).

Karsten, Dr. **George**, Professor der Botanik und Direktor des Botan. Gartens in **Halle a. S.**, Botan. Institut.

Katić, Dr. **Danilo**, Professor am III. Gymnasium in **Belgrad** (Serbien).

Kegel, Dr. **Werner**, in **Bremen**, Braunschweiger Straße 5.

Keller, Dr. **Robert**, Gymnasialrektor in **Winterthur**, Trollstr. 32.

Kienitz-Gerloff, Dr. **F.**, Professor, Direktor der Landwirtschaftsschule in **Weilburg**, Reg.-Bez. Wiesbaden.

Killian, Dr. **Karl**, in **Rovigno** (Istrien), Zoologische Station.

Kirchner, Dr. **O. von**, Professor der Botanik an der Landwirtschaftlichen Hochschule in **Hohenheim** bei Stuttgart.

Klebahn, Dr. **H.**, Professor, in **Hamburg 30**, Curschmannstr. 27.

Klebs, Dr. **Georg**, Geh. Hofrat, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens in **Heidelberg**.

Klein, Dr. **Edmund**, Professor in **Luxemburg**, Äußerer Ring 20.

Klein, Gustav, stud. phil. in **Wien I**, Universität.

Klein, Dr. **Jul.**, Professor der Botanik am k. ungar. Josephs-Polytechnikum in **Budapest I**, Polytechnikum.

Klein, Dr. **Ludwig**, Geh. Hofrat, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens an der Technischen Hochschule in **Karlsruhe** in Baden, Kaiserstr. 2, Botanisches Institut.

Klein, Richard, stud. phil. in **Wien II**, Negerlegasse 4.

Klemt, Dr. **F.**, Oberlehrer in **Berlin-Lichtenberg**, Rathausstr. 7, II.

Klenke, Dr. **Heinrich**, in **Göttingen**, Pflanzenphysiolog. Institut der Universität.

Kluyver, **A. J.**, Dipl.-Ingenieur in **Delft** (Holland), Laan van Overvest 52.

Kneucker, **A.**, Redakteur der Allgemeinen botanischen Zeitschrift in **Karlsruhe** in Baden, Werderplatz 48.

Kniep, Dr. **Hans**, Professor der Botanik in **Straßburg i. E.**, Gailerstraße 37, I.

Knischewsky, Dr. **Olga**, in **Flörsheim a. M.**, Chem. Fabrik Nördlinger.

Knoll, Dr. **F.**, Privatdozent für Anatomie und Physiologie der Pflanzen an der Universität, Adjunkt an der k. k. Allgem. Untersuchungsanstalt für Lebensmittel in **Graz**, Universitätsstr. 6.

Knuth, Dr. **Reinhard**, Oberlehrer in **Berlin-Wilmersdorf**, Wilhelmsaue 12, IV.

Kny, Dr. **L.**, Geheimer Regierungsrat, ord. Honorar-Professor der Botanik a. d. Universität Berlin, früher Direktor d. Pflanzenphysiologischen Instituts und etatsmäßiger Professor a. d. Landw. Hochschule, in **Berlin-Wilmersdorf**, Kaiserallee 186/187.

Koch, Dr. **Alfred**, Professor, Direktor des Landwirtschaftlich-bakteriologischen Instituts an der Universität Göttingen, Herausgeber des Jahresberichtes über die Fortschritte in der Lehre von den Gärungsorganismen, in **Göttingen**, Schildweg 13.

Koch, Dr. **L.**, Professor der Botanik an der Universität in **Heidelberg**, Sophienstr. 25.

Koehne, Dr. **E.**, Professor in **Berlin-Friedenau**, Wiesbadener Str. 84, II.

Koernicke, Dr. **Max**, Professor der Botanik an der Landwirtschaftl. Akademie in Poppelsdorf und der Universität in **Bonn**, Bonner Talweg 45.

Kolkwitz, Dr. **Richard**, Professor, Privatdozent der Botanik an der Universität und an der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin, wissenschaftliches Mitglied der Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, in **Berlin-Steglitz**, Rothenburgstr. 30.

Koriba, Dr. **K.**, in **Tokio**, Botan. Institut der Universität.

Kornauth, Dr., Regierungsrat, Vorstand der k. k. Landwirtschaftlich-bakteriologischen und Pflanzenschutzstation in **Wien II/I**, Trummerstr. 1.

Korschelt, Dr. **P.**, Oberlehrer am Königl. Realgymnasium in **Zittau i. S.**, Königsstr. 21.

Kränzlin, Dr. **F.**, Professor in **Berlin C**, Klosterstr. 73.

Krasser, Dr. **Fridolin**, Professor der Botanik an der k. k. Deutschen Technischen Hochschule in **Prag**, Hußgasse 5.

Kratzmann, **Ernst**, stud. phil. in **Wien VII**, Neubaugürtel 22.

Kraus, Dr. **C.**, Geh. Hofrat, Professor an der Technischen Hochschule in **München**, Luisenstr. 24, II.

Kraus, Dr. **Gregor**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens in **Würzburg**, Klinikstr. 12.

Krause, Dr. **Kurt**, Assistent am Königl. Botanischen Museum in **Berlin-Dahlem.**

Kroemer, Dr. **Karl**, Professor, Vorstand der Pflanzenphysiologischen Versuchsstation der Lehranstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau in **Geisenheim a. Rh.**

Krüger, Dr. **Friedrich**, Professor, Kaiserl. Technischer Rat und Ständiger Mitarbeiter an der Kaiserl. Biologischen Anstalt zu Dahlem, in **Berlin-Lichterfelde-Ost**, Hobrechtstr. 10.

Krull, **Rudolph**, Apotheker in **Breslau X**, Rosenthaler Straße 45.

Kubart, Dr. **Bruno**, Privatdozent für Botanik und Assistent am Institut für systematische Botanik in **Graz.**

Kuckuck, Dr. **Paul**, Professor, Kustos für Botanik an der Biologischen Anstalt auf **Helgoland.**

Kumm, Dr., Professor, Direktor des Westpreußischen Provinzial-Museums in **Danzig**, Langemarkt 24.

Kuntzen, Dr. **Heinrich**, Assistent am Zoolog. Museum zu Berlin, in **Karlshorst**, Treskowallee 57A.

Kurtz, Dr. **Fritz**, Professor der Botanik, Direktor des Botanischen Museums an der Universität und Mitglied der Academia nacional de ciencias in **Córdoba** (Argentinische Republik).

Küster, Dr. **Ernst**, Professor der Botanik an d. Universität, Herausgeber der „Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie“ in **Bonn a. Rh.**, Endenicher Allee 28.

Lafar, Dr. **Franz**, Professor der Gärungsphysiologie und Bakteriologie an der Technischen Hochschule in **Wien IV**, 1, Karlsplatz 13.

La Garde, Dr. **Roland**, in **Smichow** bei Prag 197, Kreuzherrengasse 7.

Lagerheim, Dr. **G. von**, Mitglied der Kgl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften, Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Botanischen Instituts in **Stockholm N**, Stockholms Högskola.

Laibach, Dr. **Fr.**, in **Frankfurt a. M.**, Lindenstr. 10.

Lakon, Dr. **G.**, Assistent am Botan. Institut der Kgl. Forstakademie in **Tharandt i. S.**

Lakowitz, Dr. **C.**, Professor, Oberlehrer in **Danzig**, Frauengasse 26.

Lande, Max, Verlagsbuchhändler in **Berlin-Steglitz**, Schloßstr. 53.

Langer, Professor in **Posen**, W. 3, Siemensstraße.

Lauterbach, Dr. **C.**, Rittergutsbesitzer auf **Stabelwitz** bei Deutsch-Lissa.

Lebedeff, **A. F.**, Magistrant der Agronomie, Assistent am Agrikulturchemischen Laboratorium d. Kaiserl. Neurussischen Universität in **Odessa.**

Lehmann, Dr. **Ernst**, Privatdozent und Assistent am Botan. Institut der Universität in **Tübingen**, Lustnauer Allee.

Leininger, Dr. **Hermann**, Lehramtspraktikant in **Heidelberg**, Ladenburger Straße 23.

Leisering, Dr. **Bruno**, in **Berlin NO 55**, Braunsberger Str. 15.

Lemcke, Dr. **Alfred**, Vorsteher des Samenuntersuchungsamtes und der Pflanzenschutzstelle der Landwirtschaftskammer für die Provinz Ostpreußen in **Königsberg i. Pr.**, Köttelstr. 11.

Lemmermann, Dr. **E.**, Assistent für Botanik am Städtischen Museum für Natur-, Völker- und Handelskunde in **Bremen**, Celler Straße 41.

Lepeschkin, Dr. **W. Wlad.**, Professor der Botanik, Direktor des Botan. Laboratoriums und Gartens der Universität in **Kasan**, Privatadresse: Ljadskaja d. Molotkowa.

Lesage, Dr. **Pierre**, Professeur, Adjoint à la Faculté des Sciences in **Rennes**.

Lidforss, Dr. **Bengt**, Professor an der Universität und Direktor des Pflanzenphysiolog. Instituts in **Lund** (Schweden).

Liebenberg, Dr. **Ad.** Ritter **von**, k. k. Hofrat, Professor an der Hochschule für Bodenkultur in **Wien XVIII**, Hochschulstraße 17.

Lieske, Dr. **Rudolf**, in **Dresden-A.**, Gambrinusstr. 16.

Lindau, Dr. **Gustav**, Professor, Privatdozent der Botanik, Kustos am Botanischen Museum zu Dahlem, in **Berlin-Lichterfelde**, Moltkestraße 3.

Lindner, Dr. **Paul**, Professor in **Berlin N 65**, Seestraße 4, Institut für Gärungsgewerbe.

Linhart, Dr. **Georg**, Kgl. Rat, Professor an der Ungarischen Landwirtschaftlichen Akademie in **Ungarisch-Altenburg** (Magyar Óvar).

Linsbauer, Dr. **Karl**, Professor an der Universität in **Graz**, Pflanzenphys. Institut.

Lloyd, **L. G.**, The Lloyd Library, **Cincinnati**, O. (U. S. A.), 309 West Court Street.

Loesener, Dr. **Th.**, Professor, Kustos am Botanischen Museum zu Dahlem, in **Berlin-Steglitz**, Humboldtstr. 28.

Lopriore, Dr. **Giuseppe**, Professor der Botanik an der Universität und Direktor der Regia Stazione Sperimentale Agraria zu Modena, Herausgeber der „Stazioni Sperimentali Agrarie Italiane“ in **Modena**.

Ludwig, Dr. **Alfred**, Oberlehrer in **Forbach** (Lothr.), Schloßbergstr. 11.

Ludwigs, Dr. **Karl**, in **Victoria** (Kamerun), Bot. Garten.

Luerssen, Dr. **Chr.**, Geh. Reg.-Rat, Professor in **Danzig-Langfuhr**, Bahnhofstr. 4.

Mac Kenney, Dr. **Randolph E. B.**, Professor, Expert im Bureau of Plant Industry, U. S. Department of Agriculture. Adr. für Postsendungen: Cosmos Club, **Washington**, D. C. (U. S. A.)

Mac-Leod, Professor der Botanik und Direktor des Botan. Gartens in **Gent** (Belgien).

Magnus, Dr. **P.**, Geh. Regierungsrat, Professor der Botanik an der Universität in **Berlin W**, Blumes Hof 15.

Magnus, Dr. **Werner**, Professor, Privatdozent der Botanik an der Universität und an der Landwirtschaftlichen Hochschule in **Berlin W**, Friedrich-Wilhelm-Straße 26.

Mágocsy-Dietz, Dr. **Sándor**, Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Bot. Gartens in **Budapest VIII**, Illésu 25.

Maire, Dr. **R.**, Professor an der „Faculté des Sciences de l'Université" in **Algier.**

Marloth, Dr. **Rudolf**, in **Kapstadt** (Süd-Afrika), P. O. box 359.

Matthiesen, Dr. **R.**, Redakteur des Tropenpflanzer in **Berlin**, Unter den Linden 43, Kol. wirtsch. Komitee.

Mattirolo, Dr. **O.**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens in **Turin**, Valentino.

Mäule, Dr. **C.**, Professor am Gymnasium in **Cannstatt-Stuttgart**, Ludwigstraße 17.

Maurizio, Dr. **A.**, Professor an der k. k. Technischen Hochschule in **Lemberg**, Botan. Institut.

Menzel, Dr. **Paul**, Sanitätsrat in **Dresden**, Mathildenstr. 46, I.

Meyer, Dr. **Arthur**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens in **Marburg a. d. L.**, Botanisches Institut.

Mez, Dr. **C.**, Professor der Botanik in **Königsberg i. Pr.**, Botanisches Institut.

Miehe, Dr. **Hugo**, Professor der Botanik an der Universität in **Leipzig**, Marienstr. 6, II.

Migula, Dr. **W.**, Professor der Botanik an der Forstlehranstalt in **Eisenach**, Richard-Wagner-Str. 3.

Mikosch, Dr. **C.**, Professor an der Technischen Hochschule in **Brünn.**

Mildbraed, Dr. **K.**, Kustos am Botanischen Museum in **Berlin-Dahlem.**

Miliarakis, Dr. **S.**, Professor an der Universität in **Athen**, Rue Didot 12A.

Minder, Dr. **F.**, in **Brake** (Oldenburg).

Mitlacher, Dr. **Wilhelm**, †, a. o. Professor der Pharmakognosie an der Universität in **Wien I**, Pharmakognost. Institut d. Universität.

Miyake, Dr. **Kiichi**, Professor der Botanik, Botan. Institut d. Agricultur College d. Universität in **Tokio**, Japan.

Miyoshi, Dr. **Manabu**, Professor der Botanik an der Universität in **Tokio**, Botanisches Institut der Universität.

Möbius, Dr. **M.**, Professor, Direktor des Botanischen Gartens in **Frankfurt a. M.**, Königsteiner Str. 52.

Möller, Dr. **Alfred**, Professor, Oberforstmeister, Direktor der Forstakademie in **Eberswalde.**

Moeller, Dr. **Herm.**, Professor, Privatgelehrter in **Göttingen**, Friedländer Weg 28.

Moewes, Dr. **Franz** in **Berlin SW 47**, Hornstr. 19.

Molisch, Dr. **Hans**, wirkl. Mitglied der Kais. Wiener Akademie der Wissenschaft., Professor der Anatomie und Physiologie der Pflanzen und Direktor des Pflanzenphysiologischen Instituts an der Universität in **Wien VIII**, Zeltgasse 2.

Mrazek, Dr. **August**, in **Prag I**, Deutsche Technik.

Mücke, Dr. **Manfred**, in **Cerro Redondo**, Rep. de Guatemala, Centro-America. (Für Briefsendg.: via New York—New Orleans—Puerto Barrios, Drucksachen nach **Erfurt**, Wilhelmstr. 36, I.)

Müller, Dr. **Arno**, Mitarbeiter im Kaiserl Gesundheitsamt in **Berlin-Friedenau**, Wiesbadener Str. 11.

Müller, Dr. **Clemens** in **Bonn**, Bot. Institut.

Müller, Dr. **H. C.**, Professor, Direktor der Versuchsstation für Pflanzenkrankheiten der Landwirtschaftskammer für die Provinz Sachsen in **Halle a. S.**, Karlstraße 10.

Müller, Dr. **Karl**, wissenschaftl. Hilfsarbeiter, zweiter Beamter an der Großherzogl. Bad. Landw. Versuchsanstalt in **Augustenberg** bei Durlach, Baden.

Müller, Dr. **Otto**, Professor in **Charlottenburg 2**, Goethestraße 1.

Müller, Dr. **Rudolf**, Professor für Pharmakognosie an der Universität in **Graz** (Steiermark), Universitätsplatz 4.

Müller-Thurgau, Dr. **Herm.**, Professor und Direktor der Deutsch-schweizerischen Versuchsstation für Obst-, Wein- und Gartenbau in **Wädenswil** bei Zürich.

Munk, Dr. **Max**, in **Heilbronn a. N.**, Wollhausstr. 117.

Murinoff, **Alexander**, Assistent am Agronomischen Laboratorium der Universität in **St. Petersburg**, Fontanka 162.

Muschler, Dr. **R.**, Assistent am Botan. Museum in **Berlin-Dahlem.**

Muth, Dr. **F.**, in **Oppenheim a. Rh.**

Nahmacher, Dr. **O.**, Oberlehrer in **Berlin S**, Camphausenstr. 8, I.

Nathansohn, Dr. **Alexander**, Professor der Botanik an der Universität in **Leipzig**, Weststraße 89.

Naumann, Dr. **Arno**, Professor, Dozent für Botanik an der Tierärztlichen Hochschule, Assistent am Kgl. Botanischen Garten und Lehrer für Botanik an der Gartenbauschule in **Dresden-A.**, Borsbergstr. 26, I.

Neger, Dr. **F. W.**, Professor der Botanik an der Forstakademie in **Tharandt**, Sachsen.

Němec, Dr. **Bohumil**, Professor der Botanik an der Böhmischen Universität in **Prag V**, Slupy 433.

Nestler, Dr. **A.**, k. k. Regierungsrat, Professor der Botanik, k. k. Oberinspektor der Untersuchungsanstalt für Lebensmittel an der Deutschen Universität in **Prag II**, Sluper Gründe.

Neumann, Dr. **M. P.**, Vorstand der chemischen Abteilung der Versuchsanstalt für Getreideverwertung in **Berlin N 65**, Seestraße 4a.

Nevinny, Dr. **Joseph**, Professor in **Innsbruck**, k. k. Pharmakol. Institut.

Niedenzu, Dr. **F.**, Professor am Lyceum Hosianum in **Braunsberg** (Ostpreußen).

Niemann, Gustav, Mittelschullehrer in **Magdeburg-N.**, Augustastraße 18.

Nienburg, Dr. **Wilhelm**, in **Frohnau** (Mark), Alemannenstraße.

Nilsson, Dr. **Hjalmar**, Professor in **Svalöf** (Schweden).

Nilsson-Ehle, Dr. **H.**, Dozent an der Universität Lund, in **Svalöf** (Schwed.).

Noack, Konrad, cand. rer. nat. in **Freiburg i. B.**, Botan. Institut der Universität.

Noack, Dr. **Kurt**, Assistent am Botan. Institut der Universität in **Tübingen.**

Nordstedt, Dr. **O.**, Professor in **Lund**, Kraftstorg 10.

Nordhausen, Dr. **Max**, Professor, Privatdozent der Botanik in **Kiel**, Botanisches Institut, Caprivistr. 12 a.

Nothmann-Zuckerkandl, Dr. **Helene**, in **Prag**, Pflanzenphysiol. Institut der Deutschen Universität.

Oliver, Francis Wall, Professor der Botanik an dem University College in **London**, 2 the Vale, Chelsea, S. W.

Oltmanns, Dr. **Friedrich**, Professor der Botanik, Direktor der Botanischen Anstalten, Redakteur der „Zeitschrift für Botanik", in **Freiburg i. B.**, Jakobistraße 23.

Orth, Dr. **A.**, Geheimer Regierungsrat, Professor und Direktor des Agronomisch-pedologischen Institutes der Landwirtschaftlichen Hochschule in **Berlin W**, Ziethenstraße 6b.

Ostenfeld, Dr. **C. H.**, Inspektor des Botanischen Museums in **Kopenhagen O**, Sortedams Dossering 63 A.

Osterwald, Carl, Professor am Lessinggymnasium in **Berlin NW 52**, Spenerstraße 35.

Overton, Dr. **J. B.**, Professor am Botanical Department der Universität von Wisconsin in **Madison**, Wisc. (U. S. A.), Science Building.

Paeckelmann, Wolfgang, Oberlehrer am Gymnasium in **Barmen**, Mozartstr. 7.

Palla, Dr. **Eduard**, Professor an der Universität in **Graz**, Schubertstraße 51, Botanisches Institut.

Pammel, L. H., Ph. D., Professor der Botanik an dem Jowa State College of Agriculture in **Ames**, Jowa (U. S. A.).

Pantanelli, Dr. **Enrico**, Privatdozent der Pflanzenphysiologie an der Universität und Assistent an der Stazione di Patologia vegetale in **Rom**, Via St. Susanna 1.

Pascher, Dr. **A.**, Privatdozent für Botanik an der Deutschen Universität in **Prag II**, Weinberggasse 3a.

Paul, Dr. **Hermann**, Assessor der Kgl. Bayerischen Moorkulturanstalt in **München**, Königinstr. 3.

Pax, Dr. **Ferdinand**, Geh. Regierungsrat, Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Botanischen Gartens in **Breslau IX**, Göppertstr. 2.

Pazschke, Dr. **O.**, in **Dresden-N.**, Forststr. 29, I.

Peche, **Kuno**, stud. phil. in **Wien VI**, Mariahilferstr. 61, IV/18.

Peirce, Dr. **George James**, Professor of Botany and Plant Physiology an der **Leland Stanford Junior University**, Kalifornien (U. S. A.).

Peklo, Dr. **O. Jaroslav**, Privatdozent, Assistent am Pflanzenphysiol. Institut der Böhmischen Universität in **Prag VI**, Slupy 433.

Perkins, Dr. **Janet**, in **Berlin-Dahlem**, Königin-Luise-Straße 6—8. Botanisches Museum. Wohnung: Berlin, Am Carlsbad 2.

Peter, Dr. **A.**, Geh. Regierungsrat, Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Botanischen Gartens in **Göttingen**, Wilhelm-Weber-Str. 2.

Peters, Dr. **Leo**, Kaiserl. Technischer Rat, Ständiger Mitarbeiter an der Kaiserl. Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft zu Dahlem, in **Berlin-Steglitz**, Schloßstraße 41.

Pfeffer, Dr. **W.**, Geh. Rat, Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Botanischen Instituts und Botan. Gartens in **Leipzig**.

Philipps, **W. Reginald**, M. A., D. Sc., Professor am University College in **Bangor** (Wales), England.

Pietsch, Dr. **Wilh.**, Assistent der Botanischen Versuchsstation der Kgl. Lehranstalt für Obst- und Gartenbau in **Proskau** b. Oppeln, Pomologie-Hotel.

Pilger, Dr. **R.**, Kustos am Botan. Garten, Privatdozent a. d. Universität und Dozent für Botanik an der Techn. Hochschule zu Charlottenburg, in **Berlin-Steglitz**, Ahornstr. 25.

Pirotta, Dr. **R.**, Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Botanischen Instituts in **Rom**, Via Panisperna 89 B.

Polowzow, Dr. **Warwara von**, in **Odessa**, Botan. Laborat. d. Kais. Universität, z. Z. Bonn a. Rh., Rheinwerft 11.

Pomorski, **J.**, Professor der Agrikulturchemie, Direktor der Landwirtschaftlichen Versuchsstation in **Dublany** bei Lemberg.

Porodko, Dr. **Th.**, Privatdozent in **Odessa**, Bot. Institut der Universität.

Porsch, Dr. **Otto**, Professor an der k. k. Universität in **Czernowitz**, Botan. Institut.

Portheim, Leopold, Ritter von, Leiter der Biologischen Versuchsanstalt in **Wien I,** Opernring 3.

Potonié, Dr. **H.,** Professor, Landesgeologe, Redakteur der „Naturwissenschaftlichen Wochenschrift" in **Berlin-Lichterfelde,** Potsdamer Straße 37.

Potter, M. C., M. A., Professor der Botanik am Durham College of Science in **Newcastle upon Tyne,** 14 Highbury, West Jesmond.

Poulsen, Dr. **Viggo A.,** Professor für pharmazeutische Botanik an der Universität in **Kopenhagen V,** Rosenvængets Hovedvej 29.

Pringsheim, Dr. **Ernst,** Privatdozent in **Halle a. S.,** Tiergartenstr. 10.

Pritzel, Dr. **Ernst,** Oberlehrer am Gymnasium in **Berlin-Lichterfelde,** Hans-Sachs-Straße 4.

Puriewitsch, Dr. **Konstantin,** Professor der Botanik an der Universität in **Kiew,** Botanisches Institut, Reiterska 28.

Quelle, Dr. **F.,** in **Berlin-Niederschönhausen,** Blücherstr. 24.

Raatz, Dr. **Wilhelm,** Botaniker an der Zuckerfabrik **Klein-Wanzleben** bei Magdeburg.

Rabbas, P., cand. phil. in **Frankfurt a. M.-Niederrad,** Schwarzwaldstraße 118.

Raciborski, Dr. **M. von,** Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens in **Krakau.**

Radlkofer, Dr. **L.,** Geh. Hofrat, Professor der Botanik an der Universität, Direktor des Botanischen Museums (Herbariums). Mitglied der Akademie der Wissenschaften in **München,** Sonnenstraße 7, I.

Rawitscher, Dr. **F.,** Assistent am Botanischen Institut der Universität in **Freiburg i. B.**

Rehder, Alfred, Assistent am Arnold-Arboretum in **Jamaica Plain,** Mass. (U. S. A.), 62 Orchard Str.

Rehsteiner, Dr. **Hugo,** Apotheker in **St. Gallen.**

Reiche, Dr. **Karl,** Professor der Botanik an der Universität Mexico (Escuela de Altos Estudios) und Sektionschef am Instituto Médico Nacional in **Mexico,** D. F. Apartado 656.

Reinhardt, Dr. **M. Otto,** Professor, Privatdozent der Botanik in **Berlin W 50,** Ansbacher Straße 40, vom 1. IV. 13 ab Augsburger Str. 9.

Reinisch, Olga, in **Prag II,** Heinrichgasse 3.

Reinitzer, Friedrich, Professor an der Technischen Hochschule in **Graz** (Steiermark).

Reinke, Dr. **Joh.**, Geheimer Regierungsrat, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens in **Kiel**, Düsternbrook 17.

Reinsch, Dr. **P. F.**, Professor in **Erlangen.**

Reitler, Dr. **Josef**, in **Hamm**, Post **Conz** (Rheinland).

Remer, Dr. **Wilhelm**, in **Dresden-A.**, Herderstraße 4.

Renner, Dr. **Otto**, Privatdozent, Kustos am K. Pflanzenphysiologischen Institut in **München.**

Richter, **Emil**, in **Loschwitz** bei Dresden, Robert-Dietz-Straße 9.

Richter, Dr. **Oswald**, Professor für Anatomie und Physiologie der Pflanzen an der Universität in **Wien XVIII**, Hofstattgasse 15.

Richter, Dr. **P.**, Professor an der Paul-Gerhardt-Schule in **Lübben** in der Lausitz.

Richter, **Paul**, Oberlehrer in **Leipzig**, Talstraße 12b.

Riehm, Dr. **Eduard**, wissenschaftlicher Hilfsarbeiter an der Kaiserl. Biologischen Anstalt für Land- und Forstwirtschaft zu Dahlem, in **Berlin-Lichterfelde**, Ringstraße 8.

Rikli, Dr. **Martin**, Professor, Dozent und Konservator der botanischen Sammlungen am Eidgenössischen Polytechnikum in **Zürich II**, Brandschenkesteig 12.

Rimbach, Dr. **A.**, Professor der Botanik am Instituto de Agronomía in **Montevideo** (Uruguay).

Rippel, Dr. **August**, Assistent an der Großherzogl. Badischen Landw. Versuchsanstalt in **Augustenburg** bei Durlach.

Riß, **Maria Martha**, stud. rer. nat. in **Straßburg i. E.**, Bot. Institut.

Robertson, **A. R.**, Lecturer in Botany an der Universität in **St. Andrews**, Schottland.

Rodewald, Dr. **Herm.**, Professor und Direktor des Landwirtschaftlichen Instituts in **Kiel**, Bartelsallee 20.

Rompel, Dr. **Josef**, S. J., Professor der Naturgeschichte am Jesuitengymnasium zu **Feldkirch** (Vorarlberg).

Rosen, Dr. **Felix**, Professor der Botanik an der Universität in **Breslau XVI**, Tiergartenstr. 30.

Rosenberg, Dr. **O.**, Privatdozent der Botanik an der Universität in **Stockholm**, Tegnérlunden 4.

Roshardt, Dr. **P. A.**, Gymnasiallehrer in **Stans** (Schweiz).

Ross, Dr. **H.**, Konservator am Botanischen Museum in **München**, Richard-Wagner-Straße 18, IV.

Rößler, Dr. **Wilhelm**, Professor, Oberlehrer in **Charlottenburg**, Spreestraße 15, IV.

Roth, Dr. **Ernst**, Professor, Oberbibliothekar der Universitätsbibliothek in **Halle a. S.**, Hohenzollernstraße 13.

Roth, Dr. **Franz**, in **Godesberg** b. Bonn, Rungsdorfer Str. 17.

Rothert, Dr. **Wladislaw**, früher Professor der Botanik an der Universität Odessa, in **Krakau**, Slowackiallee 1.

Rübel, Dr. **E.**, in **Zürich V**, Zürichbergstr. 30.

Rudolph, Dr. **Karl**, Assistent am Pflanzenphysiologischen Institut der Deutschen Universität in **Prag II**, Weinberggasse 3a.

Ruhland, Dr. **W.**, Professor der Botanik an der Universität in **Halle a. S.**, Schillerstr. 54.

Ruttner, Dr. **Franz**, Assistent an der Biologischen Station in **Lunz** (Nieder-Österreich).

Rywosch, Dr. **S.**, in **Straßburg i. E.**, Schweighäuserstr. 9.

Saccardo, Dr. **P. A.**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens an der Universität in **Padua.**

Saida, Dr. **Kotaro**, Professor der Botanik in **Tokio** (Japan), Koisnikawa Doshinmashi Nr. 1.

Saito, Dr. **K.**, in **Dairen** (Dalny), Manchuria, the central laboratory of the South Manchuria Railway Co.

Saupe, Dr. **A.**, in **Dresden**, Kyffhäuserstraße 17.

Schaffnit, Dr. **E.**, Assistent an der Abteilung für Pflanzenkrankheiten des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Landwirtschaft in **Bromberg**, Hempelstraße 26.

Schander, Dr. **R.**, Professor, Vorstand der Abteilung für Pflanzenkrankheiten des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Landwirtschaft in **Bromberg.**

Schellenberg, Dr. **Gustav**, in **Berlin-Steglitz**, Zimmermannstr. 19, II.

Schellenberg, Dr. **H. C.**, Professor a. d. Eidgen. Technischen Hochschule in **Zürich V**, Hofstraße 63.

Schenck, Dr. **Heinrich**, Geh. Hofrat, Professor der Botanik an der Technischen Hochschule und Direktor des Botanischen Gartens in **Darmstadt**, Nikolaiweg 6.

Scherffel, **Aladár**, in **Igló**, Zips, Ober-Ungarn.

Schiemann, Dr. **Elisabeth** in **Berlin**, Tauentzienstr. 7b.

Schikorra, Dr. **Georg**, Ständiges Mitglied des städtischen Untersuchungsamts für hygienische und gewerbliche Zwecke in **Berlin O**, Königsberger Str. 22.

Schikorra, Dr. **W.**, Assistent am Kaiser-Wilhelm-Institut für Landwirtschaft in **Bromberg.**

Schilling, Dr. **Aug. Jg.**, Oberlehrer, Privatdozent an der Technischen Hochschule in **Darmstadt**, Roßdörferstr. 74, II.

Schilling, **Ernst**, cand. rer. nat. in **Münster i. W.**, Schloßgartenrestaurant.

Schinz, Dr. **Hans**, Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Botanischen Gartens und des Botanischen Museums der Universität in **Zürich V**, Seefeldstraße 12.

Schlicke, Dr. **A.**, in **Berlin-Niederschöneweide**, Berliner Str. 23.

Schlumberger, Dr. **O.**, Assistent an der Kaiserl. Biolog. Anstalt für Land- und Forstwirtschaft in **Berlin-Dahlem.**

Schmid, Dr. **Günther**, Assistent am Botan. Institut der Universität in **Jena.**

Schmidle, **W.**, Professor, Direktor der Oberrealschule in **Konstanz i. B.**, Villa Hansagarten.

Schneider, Dr. **Fritz**, Assistent am Botan. Institut der Universität in **Berlin NW 7**, Dorotheenstr. 6, I.

Schneider, Dr. **J. M.**, in **Altstaetten**, Kt. St. Gallen, Schweiz.

Schober, Dr. **Alfred**, Professor, Schulrat für das höhere Schulwesen in **Hamburg 23**, Richardstraße 86.

Schönau, Dr. **Karl von**, in **München**, Josephsplatz 2, III r.

Schönland, Dr. **S.**, Curator of the Albany Museum in **Grahamstown**, Südafrika (Kapkolonie).

Schorler, Dr. **Bernhard**, Professor, Oberlehrer und Kustos des Herbariums der Technischen Hochschule in **Dresden-A.**, Krenkelstr. 34.

Schottländer, Dr. **Paul**, Rittergutsbesitzer in **Wessig** bei Klettendorf.

Schrenk, **Hermann von**, B. S., A. M., Ph. D., Botanical Garden in **St. Louis**, Mo. (U. S. A.).

Schröder, Dr. **Bruno**, Lehrer in **Breslau**, Sadowastraße 88, II.

Schroeder, Dr. **Dominicus**, Assistent am Pflanzenphysiolog. Institut der Universität in **Göttingen.**

Schroeder, Dr. **Henry**, Professor an der Universität, Abteilungsvorsteher am Botanischen Institut in **Kiel**, Niemannsweg 61.

Schrodt, Dr. **Jul.**, Professor, Direktor der VII. Realschule in **Berlin SO 26**, Mariannenstraße 47, II.

Schröter, Dr. **C.**, Professor der Botanik an der Eidgen. Technischen Hochschule in **Zürich V**, Merkurstraße 70.

Schube, Dr. **Theodor**, Professor, Oberlehrer in **Breslau VIII**, Forckenbeckstraße 10.

Schultz, **Richard**, Oberlehrer in **Sommerfeld**, Reg.-Bez. Frankfurt a. O., Pförtner Straße 13.

Schulz, Dr. **A.**, Professor, Privatdozent der Botanik in **Halle a. S.**, Albrechtstraße 10.

Schulz, **Hermann**, Lehrer in **Kassel**, Rotenditmolder Str. 14.

Schulze, **Max**, in **Jena**, Marienstraße 3.

Schütt, Dr. **Franz**, Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Botanischen Gartens und Museums in **Greifswald.**

Schwarz, Dr. **Frank**, Professor der Botanik an der Forstakademie in **Eberswalde**, Neue Schweizer Straße 21.

Schwede, Dr. **Rudolf**, Privatdozent, Assistent am Botanischen Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule in **Dresden-A.**, Gutzkowstr. 28.

Schweinfurth, Dr. **Georg**, Professor in **Berlin-Schöneberg**, Kaiser-Friedrich-Straße 8.

Schwendener, Dr. **S.**, Geheimer Regierungsrat, Professor der Botanik, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, in **Berlin W 10.**, Matthäikirchstraße 28.

Seckt, Dr. **Hans**, Profesor del Instituto Nacional del Profesorado Secundario in **Buenos Aires** (Argentinien), Belgrano, Superí 1830.

Seeger, Dr. **Rudolf**, Assistent am Botanischen Institut der Universität in **Innsbruck.**

Seeländer, Dr. **Karl**, in **Berlin-Wilmersdorf**, Brabanter Platz 2 II.

Seeliger, Dr. **Rud.**, Assistent a. d. Kais. Biol. Anstalt für Land- und Forstwirtschaft in **Berlin-Dahlem**, Königin-Luise-Str. 19.

Senn, Dr. **Gustav**, Professor der Botanik und Direktor des Botan. Gartens in **Basel**, Schönbeinstr. 6.

Sernander, Dr. **Rutger**, Professor der Botanik in **Uppsala.**

Seydel, Dr., **Richard**, in **Hildesheim**, Zingel 34.

Shibata, Dr. **K.**, Professor in **Tokio** (Japan) Koishikawa, Kobinata-daimachi I, 1.

Shull, Dr. **Geo. H.**, Leiter der botanischen Arbeiten an der Station für experimentelle Entwickelungslehre, Carnegie Institution of Washington, **Cold Spring Harbour**, Long Island, N. Y. (U. S. A.).

Sierp, **Hermann**, Kandidat des höheren Lehramts in **Münster i. W.**, Staufenstr. 53.

Simon, Dr. **Friedrich**, Professor, Oberlehrer in **Frankfurt a. M.**, Günthersburgallee 79.

Simon, Dr. **Joseph**, 1. Assistent am K. Botan. Garten in **Dresden-A.**, Stübelallee 2.

Simon, Dr. **Siegfried**, Privatdozent für Botanik in **Göttingen**, Nikolausberger Weg 53.

Singer, Dr. **Max**, Professor am Deutschen Staats-Gymnasium in **Prag**, Königliche Weinberge.

Skene, **Macgregor**, B. Sc., Botanical Department the University in **Aberdeen**, Schottland.

Snell, Dr. **Karl**, Société khed. d'Agric. à Bahtim in **Matarich** (Kairo), Ägypten.

Solereder, Dr. **Hans**, Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Botanischen Instituts in **Erlangen**, Botan. Garten.

Solms-Laubach, Dr. **H. Graf zu**, Professor der Botanik an der Universität, Redakteur der „Zeitschrift für Botanik“ in **Straßburg i. Els.**, Goethestr. 27.

Sommerstorff, Dr. **Hermann**, Assistent am Bot. Garten und Institut der k. k. Universität in **Wien III**, Rennweg 14.

Sonder, Dr. **Chr.**, Apothekenbesitzer in **Oldesloe** (Holstein).

Sonntag, Dr. **P.**, Professor, Oberlehrer an der Oberrealschule St. Petri und Pauli, in **Saspe-Neufahrwasser** bei Danzig, Villa Mövenblick.

Sorauer, Dr. **Paul**, Geh. Reg.-Rat, Professor, Privatdozent der Botanik an der Universität, Redakteur der „Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten“, in **Berlin-Schöneberg**, Martin-Luther-Str. 68.

Späth, Dr. **Hellmut**, in **Berlin-Baumschulenweg.**

Sperlich, Dr. **Adolf**, Professor an der k. k. Lehrerbildungsanstalt und Privatdozent der Botanik an der Universität in **Innsbruck**, Maximilianstr. 23.

Spieckermann, Dr. **A.**, Professor, Vorsteher der Bakteriologischen Abteilung der Versuchsstation in **Münster i. W.**, Plöniesstr. 5, I.

Spisar, Dr. **Karl**, Direktor der Landw. Landesversuchsanstalt in **Brünn** (Mähren).

Stahl, Dr. **Ernst**, Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Botanischen Gartens in **Jena.**

Stameroff, Dr. **Kyriak**, Dozent der Botanik an der Universität zu **Odessa**, Puschkinskajastr. 8, Wohnung 15.

Steinbrinck, Dr. **C.**, Professor am Realgymnasium in **Lippstadt.**

Steiner, **Rudolf**, k. k. Gymnasialprofessor in **Prag II**, Stephansgasse 20.

Steyer, Dr. **Karl**, Oberlehrer an der Ernestinenschule in **Lübeck**, Huextertor-Allee 23.

Stiefelhagen, Dr. **Heinz**, in **Weißenburg i. E.**

Stoklasa, Dr. **Julius**, Hofrat, Professor und Direktor der Chemisch-physiologischen Versuchsstation der Böhmischen Technischen Hochschule in **Prag**, Villa Gröbe.

Stoppel, Dr. **Rose**, in **Straßburg i. E.**, Botanisches Institut.

Strauß, **H. C.**, Obergärtner am Botanischen Garten in **Berlin-Dahlem.**

Strigl, Dr. **Max**, in **Urfahr** bei Linz a. D., Oberösterreich, Collegium Petrinum.

Svedelius, Dr. **Nils Eberhard**, Privatdozent der Botanik an der Universität in **Uppsala.**

Szücs, Dr. **Joseph**, in **Leipzig**, Botanisches Institut d. Universität, Linnéstr. 1.

Tahara, Dr. **M.**, in **Tokio**, Botanisches Institut der Universität.

Tanaka, Dr. **Ch.**, Professor der Botanik an der Hochschule für Seidenbau und Spinnerei in **Uyada**, Schinano (Japan).

Ternetz, Dr. **Charlotte**, in **Basel**, Feldbergstr. 118.

Tessendorff, **Ferdinand**, Oberlehrer am Helmholtz-Realgymnasium zu Schöneberg, in **Berlin-Steglitz**, Grillparzerstraße 16.

Thomas, Dr. **Fr.**, Professor, emerit. Oberlehrer am Gymnasium Gleichense in **Ohrdruf**, Hohenlohestr. 14.

Thoms, Dr. **Hermann**, Professor, Direktor des Pharmazeutischen Instituts der Universität zu Berlin, in **Berlin-Steglitz**, Hohenzollernstr. 6.

Thost, Dr. **R.**, in **Berlin-Lichterfelde-Ost**, Wilhelmstr. 27.

Thum, Dr. **Emil**, k. k. Realschulprofessor in **Reichenberg** (Böhmen), Sperlgasse 7.

Timpe, Dr. **H.**, Oberlehrer in **Hamburg-Eimsbüttel**, Am Weiher 29.

Tischler, Dr. **Georg**, Professor der Botanik und Direktor d. Botan. Instituts und Gartens an der Technischen Hochschule in **Braunschweig**, Bodestr. 46.

Tobler, Dr. **Friedrich**, a. o. Professor der Botanik und Abteilungsvorsteher am Botanischen Institut der Universität in **Münster i. W.**, Langenstraße 17.

Tobler-Wolff, Dr. **Gertrud**, in **Münster i. W.**, Langenstr. 17.

Toni, Dr. **G. B. de**, Professor der Botanik und Direktor des Botanischen Gartens, Lauréat de l'Institut de France, Herausgeber der „Nuova Notarisia", in **Modena.**

Trail, Dr. **James W. H.**, F. R. S., Professor der Botanik an der Universität Aberdeen in **Old Aberdeen**, High Street 71 (Schottland).

Tröndle, Dr. **Artur**, Privatdozent und 1. Assistent am Botanischen Institut in **Freiburg i. B.**, Deutschordenstr. 7.

Trow, Dr. **A. H.**, Professor der Botanik am University College of South-Wales and Monmouthshire in **Penarth**, Cardiff, 50 Clive Place.

Tschermak, Dr. **Erich, Edler v. Seysenegg**, Professor der Pflanzenzüchtung an der Hochschule für Bodenkultur in **Wien XVIII**, Hochschulstr. 17.

Tschirch, Dr. **Alexander**, Professor der Pharmakognosie, pharmazeutischen und gerichtlichen Chemie, Direktor des Pharmazeutischen Instituts der Universität in **Bern.**

Tswett, Dr. **Michael**, Professor am Polytechnischen Institut in **Warschau**, Mokotowska 9.

Tubeuf, Dr. **Carl, Freiherr von**, Regierungsrat, Professor der Anatomie, Physiologie und Pathologie der Pflanzen an der Universität in **München**, Habsburger Str. 1.

Tunmann, Dr. **Otto**, Privatdozent der Pharmakognosie in **Bern**, Beundenfeldstr. 3.

Uhlworm, Dr. **Oskar**, Professor, Oberbibliothekar, Redakteur des „Zentralblattes für Bakteriologie und Parasitenkunde“ in **Berlin W 15**, Hohenzollerndamm 4.

Ulbrich, Dr. **E.**, Assistent am Kgl. Botanischen Museum zu Dahlem, in **Berlin-Steglitz**, Paulsenstr. 47.

Ule, Ernst, Botanischer Forschungsreisender. Bot. Museum in **Berlin-Dahlem.**

Urban, Dr. **Ign.**, Geh. Regierungsrat, Professor, Unterdirektor des Botan. Gartens und Bot. Museums in **Berlin-Dahlem**, Altensteinstr. 4.

Ursprung, Dr. **Alfred**, Professor der Botanik an der Universität in **Freiburg** (Schweiz), Botanisches Institut.

Vöchting, Dr. **H. von**, Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Botanischen Gartens in **Tübingen.**

Voigt, Dr. **Alfred**, Professor, Direktor des Instituts für angewandte Botanik in **Hamburg VII**, Wandsbeker Stieg 13.

Volkart, Dr. **A.**, Assistent an der Eidgenössischen Samenkontrollstation in **Zürich IV**, Frohburgstraße.

Volkens, Dr. **Georg**, Professor, Kustos am Botanischen Museum zu Dahlem, in **Berlin W 57**, Goebenstr. 12.

Voß, Dr. **W.**, Oberlehrer in **Itzehoe** (Holstein), Friedrichstr. 45.

Votsch, Dr. **Wilhelm**, Oberlehrer in **Delitzsch**, Eilenburger Str. 58.

Vouk, Dr. **Valentin**, Adjunkt am bot.-physiol. Institut der Universität in **Agram** (Zagreb), Kroatien.

Wächter, Dr. **Wilhelm**, Sekretär der Deutschen Botanischen Gesellschaft, in **Berlin-Steglitz**, Düntherstr. 5, p.

Wager, Harold, Inspector of Science Schools for the Science and Art Department in London, in **Leeds** (England), Horsforth Lane, Far Headingley.

Wagner, Dr. **Adolf**, Professor der Botanik an der Universität in **Innsbruck**, Mühlau Nr. 68.

Wahl, Dr. **Carl von**, Großherzogl. Bad. Versuchsanstalt Augustenburg, in **Durlach** (Baden), Moltkestr. 9.

Warburg, Dr. **O.**, Professor, Privatdozent der Botanik an der Universität, Lehrer am Orientalischen Seminar, in **Berlin W**, Uhlandstraße 175.

Weber, Dr. **C. A.**, in **Bremen**, Friedrich-Wilhelm-Str. 24.

Weber, Dr. **Friedrich**, Assistent am Botanischen Institut in **Graz.**

Wehmer, Dr. **C.**, Professor, Dozent an der Technischen Hochschule, Vorstand der Bakteriologischen Abteilung des Technisch-chemischen Instituts der Kgl. Technischen Hochschule in **Hannover**, Alleestr. 35.

Wehrhahn, **W.**, Lehrer in **Hannover**, Im Moore 26.

Weis, Dr. **Fr.**, Professor der Botanik an der Landwirtschaftl. Hochschule in **Kopenhagen.**

Weiß, Dr. **Fr. E.**, Professor der Botanik und Direktor des Botanical Laboratory of the Owens College in **Manchester.**

Weiße, Dr. **Arthur**, Professor, Gymnasialoberlehrer in **Zehlendorf** (Wannseebahn) bei Berlin, Annastr. 11.

Went, Dr. **F. A. F. C.**, Professor der Botanik und Direktor des Botan. Gartens in **Utrecht** (Holland).

Werth, Dr. **Emil**, wissensch. Hilfsarbeiter a. d. Kais. Biolog. Anstalt für Land- und Forstwirtschaft zu Dahlem in **Berlin-Wilmersdorf**, Binger Str. 17.

Wettstein, Dr. **Richard, Ritter von Westerheim**, Professor und Direktor des Botan. Gartens und Museums der Universität Wien, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, Herausgeber der Österreichischen botan. Zeitschrift, in **Wien III**, Rennweg 14.

Wiedersheim, Dr. **Walther**, in **Hemigkofen-Nonnenbach** a. Bodensee (Württemberg).

Wieler, Dr. **A.**, Professor, Dozent für Botanik an der Technischen Hochschule in **Aachen**, Nizza-Allee 71.

Wiesner, Dr. **Jul., Ritter von**, k. k. Hofrat, emer. Professor der Anatomie und Physiologie der Pflanzen, Direktor des Pflanzenphysiologischen Instituts der Universität, Mitglied der Akademie der Wissenschaften, in **Wien IX**, Liechtensteinstr. 12.

Wilhelm, Dr. **K.**, Professor der Botanik an der Hochschule für Bodenkultur, in **Wien XVIII**, Hochschulstr. 17 (Türkenschanze).

Willis, **John C.**, Direktor des Bot. Gartens in **Rio de Janeiro.**

Wilson, **William Powell**, Direktor of the Philadelphia Commercial Museum in **Philadelphia** (U. S. A.).

Winkelmann, Dr. **J.**, Professor, in **Stettin**, Pölitzer Straße 85, III.

Winkler, Dr. **Hans**, Professor, Direktor des Botan. Gartens und des Instituts für allgemeine Botanik, in **Hamburg**, Woldsenweg 12,

Winkler, Dr. **Hubert**, Professor, Privatdozent der Botanik an der Universität, Assistent am Botanischen Garten in **Breslau.**

Wirtgen, **Ferd.**, Rentner in **Bonn**, Niebuhrstr. 55.

Wißmann, Apotheker in **Geisenheim** (Rheingau), Landstr. 47.

Wittmack, Dr. **L.**, Geheimer Regierungsrat, Professor an der Landwirtschaftlichen Hochschule und an der Universität, in **Berlin NW,** Platz am Neuen Tor 1.

Wlodek, Dr. **Johann von**, in **Krakau** (Galizien), ul-sw-Filipa 25.

Wolf, Dr. **Theodor**, in **Dresden-Plauen**, Hohe Straße 62.

Wollenweber, Dr. **W.**, in **Washington** (U. S. A.), Dep. of Agr. Lab. of Plant Industry.

Wortmann, Dr. **J.**, Geh. Reg.-Rat, Professor, Direktor der Versuchs- und Lehranstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau zu **Geisenheim a. Rh.**

Wulff, Dr. **Eugen**, in **Moskau**, Sretenka. M. Golowin pereulok 5.

Yamanouchi, Dr. **Shigeo**, Prof. of Botany, the University of **Chicago** Ill. (U. S. A.)

Yapp, **R. H.**, Professor am University College in **Aberystwyth** (Wales).

Zahlbruckner, Dr. **A.**, Leiter der Botanischen Abteilung des Naturhistor. Hofmuseums in **Wien I**, Burgring 7.

Zander, **A.**, Professor, Oberlehrer am Bismarck-Gymnasium in **Berlin-Halensee**, Westfälische Straße 59, III.

Zeijlstra, Dr. **Fzn. H. H.**, in **Harlem**, Kleine Houtweg 21c.

Zimmermann, Dr. **Albrecht**, Professor, Botaniker an der Biologischen Station Amani, Poststation **Tanga** (Deutsch-Ostafrika).

Zörnig, Dr. **Heinrich**, Kustos am Pflanzenphysiologischen Institut in **München**-Nymphenburg, Nördl. Auffahrtsallee 69, II.

Verstorben.

Blasius, Dr. **Wilhelm**, Geh. Hofrat, Professor und Direktor des Botanischen Gartens und des Naturhistorischen Museums in **Braunschweig.** Verstarb am 31. Mai 1912.

Herpell, **Gustav**, Rentner in **St. Goar.** Verstarb am 22. Juli 1912.

Hesse, Dr. **Rud.**, Kgl. Ökonomierat, Direktor der Landwirtschaftlichen Winterschule in **Marburg a. d. L.** Verstarb am 16. April 1912.

Luxburg, Dr. **Hermann, Graf zu**, in **Stettin.** Verstarb am 26. Mai 1912.

Mitlacher, Dr. **W.**, Professor der Pharmakngnosie in **Wien.** Verstarb am 15. Januar 1913.

Müller, Dr. **Julius**, in **Ziegenhals O.-S.** Verstarb am 5. Dezember 1912.

Strasburger, Dr. **Ed.**, Geh. Regierungsrat, Professor der Botanik an der Universität und Direktor des Botan. Gartens in **Bonn.** Verstarb am 19. Mai 1912.

Register zu Band XXX.

I. Geschäftliche Mitteilungen.

Seite

Sitzung vom 26. Januar 1912 1
(Mitteilung des Vorsitzenden, daß die von der Gesellschaft bewilligten 500 M. zur Unterstützung wissenschaftlicher Arbeiten an Frl. Dr. ROSE STOPPEL in Straßburg i. E. verliehen wurden. Dankschreiben des Herrn Prof. WARMING.) 1
Sitzung vom 23. Februar 1912 50
(Einladung zur Generalversammlung nach Freiburg. Bericht Frl. ELISABETH SCHIEMANNs über Mutationen bei *Aspergillus niger*) 50
Sitzung vom 29. März 1912 97
(Herr LINDNER demonstriert Kulturen von *Guilliermondia fulvescens* Nads. und eines Heubazillus aus Katzenkot, ... 97
Antrag des Buchhändlers Herrn W. JUNK an die Generalversammlung) 98
Sitzung vom 26. April 1912 151
Sitzung vom 23. Mai 1912 233
(Herr P. MAGNUS demonstriert *Peronospora parasitica* an *Cheiranthus Cheiri*) 233
Sitzung vom 28. Juni 1912 279
Sitzung vom 26. Juli 1912 363
Sitzung vom 25. Oktober 1912 429
(Herr KOLKWITZ demonstriert eine 1-ccm-Planktonkammer mit als Zählplatte liniierter Bodenscheibe. Ergebnisse der Wahlen des Berliner Vorstandes und der Kommissionen) 430
Sitzung vom 29. November 1912 559
(Glückwunschadresse an Herrn GRAFEN ZU SOLMS-LAUBACH zu seinem 70. Geburtstage) 559
Sitzung vom 27. Dezember 1912 667
(Mitteilung der Wahlergebnisse des Präsidenten, seines Stellvertreters und der Ausschußmitglieder) 668
Bericht über die 29. Generalversammlung in Freiburg i. B. . . . . (1)
Rechnungsablage für das Jahr 1911 . . . . . (6)
Bericht über die VI. und VII. Gesamtsitzung des „Deutschen Ausschusses für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht". Von F. HÖCK . . . . . (8)
Verzeichnis der Pflanzennamen . . . . . (116)
Mitgliederliste . . . . . (130)

2. Nachrufe.

Seite

Eduard Strasburger von G. KARSTEN. (Mit Bildnis) . . . . . (61)
Sir Joseph Hooker von A. ENGLER . . . . . (87)
Franz Buchenau von GEORG BITTER . . . . . (95)

---

3. Wissenschaftliche Mitteilungen.

Amberg, K.: Zur Blütenbiologie von *Arctostaphylos alpina* (L.) Sprengel. (Mit 2 Abbildungen im Text) 692
Andres, H.: *Pirola asarifolia* Michx. und *uliginosa* Torr., ihr Verhältnis zu *P. rotundifolia* L. s. l. und ihre Stellung im System. Kritische Notizen zur Kenntnis der Pirolaceae (Mit zwei Abbildungen im Text) 561
d'Angremond, A.: Parthenokarpie und Samenbildung bei Bananen. (Mit Tafel XX) 686
Bally, W.: Chromosomenzahlen bei *Triticum*- und *Aegilops*-Arten. Ein cytologischer Beitrag zum Weizenproblem. (Mit Tafel VIII) . 163
Boshart, R.: Über die Frage der Anisophyllie 27
Burgeff, H.: Über Sexualität, Variabilität und Vererbung bei *Phycomyces nitens*. (Vorläufige Mitteilung) 679
Christ, H.: Die Ansichten des Silvio Boccone über künstliche Befruchtung von Kulturpflanzen 1697. (Mit einer Abbildung im Text) 376
Dengler, A.: Eine neue Methode zum Nachweis der Spaltöffnungsbewegungen bei den Coniferen. (Vorläufige Mitteilung aus dem Botanischen Institut der Forstakademie Eberswalde.) (Mit Tafel XIV und einer Textfigur) 452
Faminczyn, A.: Beitrag zur Kenntnis von *Bryopsis muscosa* Lam. (Mit Tafel XIII) 431
— — Die Symbiose als Mittel der Synthese von Organismen 435
Figdor, W.: Zu den Untersuchungen über das Anisophyllie-Phaenomen 134
— — Die Beeinflussung der Keimung von Gesneriaceen-Samen durch das Licht 648
Fischer, Hugo: Zur Frage der Kohlensäureernährung der Pflanzen . . . 598
Gerresheim, Eduard: Über den anatomischen Bau und die damit zusammenhängende Wirkungsweise der Wasserbahnen in Fiederblättern der Dicotyledonen 553
Graebner, P.: Rückschlagzüchtungen des Maises. (Vorläufige Mitteilung.) (Mit Doppeltafel I) 4
Gruber, Eduard: Einige Beobachtuugen über den Befruchtungsvorgang bei *Zygorynchus Moelleri* Vuill. (Mit Tafel IV) 12
Hannig, E.: Untersuchungen über die Verteilung des osmotischen Drucks in der Pflanze in Hinsicht auf die Wasserleitung. (Vorläufige Mitteilung) 194
Harms, H.: Über eine bemerkenswerte Form von *Vigna sinensis*. (Mit einer Abbildung im Text) 420
Heilbronn, Alfred L.: Über Plasmaströmungen und deren Beziehung zur Bewegung umlagerungsfähiger Stärke. (Vorläufige Mitteilung) 142

Seite

Hildebrand, Friedrich: Über einen Bastardapfel und eine Bastardbirne. (Mit Tafel XVII) 594

Hollendonner, F.: Über die histologische Unterscheidung des Holzes von *Biota orientalis* Endl. und *Thuja occidentalis* L. (Mit Tafel VII) 159

Jaccard, P.: Über abnorme Rotholzbildung. (Mit 5 Abbildungen im Text) 670

Jesenko, F.: Einige neue Verfahren, die Ruheperiode der Holzgewächse abzukürzen. (2. Mitteilung.) (Mit Tafel III) 81

— — Über das Austreiben im Sommer entblätterter Bäume und Sträucher. (Mit Tafel IX) 226

Knoll, F.: Über die Abscheidung von Flüssigkeit an und in den Fruchtkörpern verschiedener Hymenomyceten. (Mit 6 Textfiguren) . (36)

Kolkwitz, R.: Das Plankton des Rheinstroms, von seinen Quellen bis zur Mündung. (Mit einer Abbildung im Text) 205

— — Plankton und Seston 334

— — Über die Schwefelbakterie *Thioploca ingrica* Wislouch 662

Lepeschkin, W. W.: Zur Kenntnis der Todesursache 528

— — Zur Kenntnis der Einwirkung supramaximaler Temperatur auf die Pflanze. (Mit 2 Textfiguren) 703

Lidforss, Bengt: Über die Chemotaxis eines *Thiospirillum* 262

Lieske, Rudolf: Untersuchungen über die Physiologie denitrifizierender Schwefelbakterien . . . . . (12)

Losch, Hermann: Über das Vorkommen eines zweiten Hüllquirles an den Eiknospen von *Chara foetida*. (Mit 10 Textfiguren) 516

Ludwigs, K.: siehe WERTH, E.

Magnus, P.: Eine neue *Urocystis*. (Mit 4 Textfiguren) 290

Magnus, W., und Schindler, B.: Über den Einfluß der Nährsalze auf die Färbung der Oscillarien 314

Maximow, N. A.: Chemische Schutzmittel der Pflanzen gegen Erfrieren. I. 52

— — Chemische Schutzmittel der Pflanzen gegen Erfrieren. II. Die Schutzwirkung von Salzlösungen 293

— — Chemische Schutzmittel der Pflanzen gegen Erfrieren. III. Über die Natur der Schutzwirkung 504

Möbius, M.: Beiträge zur Blütenbiologie und zur Kenntnis der Blütenfarbstoffe 365

Molz, E., und Morgenthaler, O.: Die *Sporotrichum*-Knospenfäule, eine für Deutschland neue Nelkenkrankheit. (Zugleich ein Fall von Symbiose.) (Mit Tafel XIX und einer Textfigur.) Aus der Versuchsstation für Pflanzenkrankheiten in Halle a. S. 654

Müller, Karl: Die Vegetation des Schwarzwaldes. (Vortrag, gehalten gelegentlich der Generalversammlung der Deutschen Botanischen Gesellschaft in Freiburg i. Br. am 28. Mai 1912.) (Mit Tafel (I) und 7 Abbildungen im Text) . . . . . (45)

— — Über das biologische Verhalten von *Rhytisma acerinum* auf verschiedenen Ahornarten. (Vorläufige Mitteilung) 385

Mylius, G.: Das Polyderm 363

Neger, F. W.: Eine abgekürzte Jodprobe 93

— — Spaltöffnungsschluß und künstliche Turgorsteigerung. (Vorläufige Mitteilung.) (Mit 3 Abbildungen im Text) 179

Seite

Nestler, A.: Die hautreizende Wirkung des Cocobolholzes 120
— — *Cortusa Matthioli* L., eine stark hautreizende Pflanze. (Mit Tafel XII) 330
— — Ist Pastinak hautreizend? 581
Nordhausen, M.: Über Sonnen- und Schattenblätter. (2. Mitteilung) . . 483
Nybergh, Torsten: Studien über die Einwirkung der Temperatur auf die tropistische Reizbarkeit etiolierter *Avena*-Keimlinge. (Mit drei Textfiguren) 542
Palladin, W.: Über die Bedeutung der Atmungspigmente in den Oxydationsprozessen der Pflanzen. (Vorläufige Mitteilung) 104
Pascher, A.: Eine farblose, rhizopodiale Chrysomonade. (Mit Tafel VI) 152
Peklo, Jaroslav: Über symbiotische Bakterien der Aphiden. (Vorläufige Mitteilung) 416
Porodko, Theodor: Vergleichende Untersuchungen über die Tropismen. I. Mitteilung 16
— — Vergleichende Untersuchungen über die Tropismen. II. Mitteilung. Thermotropismus der Pflanzenwurzeln. (Mit 2 Textfiguren) . . 305
— — Vergleichende Untersuchungen über die Tropismen. III. Mitteilung. Das Wesen der traumatropen Erregung bei den Pflanzenwurzeln 630
Renner, O.: Zur Physik der Transpiration II 572
— — Versuche zur Mechanik der Wasserversorgung. 1. Der Druck in den Leitungsbahnen von Freilandpflanzen. (Vorläufige Mitteilung) 576
— — Versuche zur Mechanik der Wasserversorgung. 2. Über Wurzeltätigkeit. (Vorläufige Mitteilung) 642
Richter, A. v.: Farbe und Assimilation. (Vorläufige Mitteilung) 280
Roß, Hermann: Adventivblättchen auf Melastomaceenblättern, verursacht durch parasitisch lebende Älchen. (Mit 8 Abbildungen im Text) 346
Rudolph, Karl: Chondriosomen und Chromatophoren. (Beitrag zur Kritik der Chondriosomentheorien.) (Mit Tafel XVIII und einer Textfigur) 605
Ruhland, W.: Die Plasmahaut als Ultrafilter bei der Kolloidaufnahme. (Vorläufige Mitteilung) 139
Schellenberg, H. C.: Über die Schädigung der Weinrebe durch *Valsa Vitis* (Schweinitz) Fuckel. (Mit Tafel XVI) 586
Schindler, B.: siehe MAGNUS, W.
Schkorbatow, L.: Zur Morphologie und Farbstoffbildung bei einem neuen Hyphomyceten (*Gemmophora purpurascens* nov. gen. et. spec.). (Mit 3 Abbildungen im Text) 474
Schmid, Günther: Zur Ökologie der Blüte von *Himantoglossum* 463
Schulz, A.: Die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands und seiner Umgebung (mit Ausschluß der Alpen), I. 108
— — Die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands und seiner Umgebung (mit Ausschluß der Alpen), II. 115
— — Die Entwicklungsgeschichte der gegenwärtigen phanerogamen Flora und Pflanzendecke Deutschlands und seiner Umgebung (mit Ausschluß der Alpen), III. 172

Seite

Schuster, Julius: Die systematische Stellung von *Rhizocaulon*. (Mit einer Textabbildung) 10

Selk, H.: *Coscinodiscus*-Mikrosporen in der Elbe 669

Snell, K.: Der Transpirationsstrom der Wasserpflanzen 361

Sorauer, Paul: Die Schleimkrankheit von *Cyathea medullaris*. (Mit Tafel II) 42

Stein, Emmy: Bemerkungen zu der Arbeit von Molisch: „Das Offen- und Geschlossensein der Spaltöffnungen, veranschaulicht durch eine neue Methode“ 66

Stomps, Theo J.: Die Entstehung von *Oenothera gigas* de Vries 406

Stoppel, R.: Über die Bewegungen der Blätter von *Phaseolus* bei Konstanz der Außenbedingungen. (Vorläufige Mitteilung.) (Mit einer Abbildung im Text) . . . . . (29)

Tobler-Wolff, Gertrud: Über *Synchytrium pyriforme* Reinsch. (Mit Tafel V) 146

Tobler, Gertrud u. Friedrich: Untersuchungen über Natur und Auftreten von Carotinen. (Mit 2 Textfiguren) 33

Treboux, O.: Die freilebende Alge und die Gonidie *Cystococcus humicola* in bezug auf die Flechtensymbiose 69

Tröndle, A.: Geotropische Reaktion und Sensibilität. (Vorläufige Mitteilung.) (Mit 2 Figuren im Text) . . . . . (23)

Tunmann, O.: Über *Ferula Narthex* Boissier, insbesondere über die Sekretgänge dieser Pflanze. (Mit Tafel X) 245

Viehoever, A.: Über den Nachweis von Chitin bei Bakterien 443

Vouk, V.: Über eigenartige Pneumathoden an dem Stamme von *Begonia vitifolia* Schott. (Mit Tafel XI) 257

— — Ein verbesserter, neuer Wiesnerscher Insolator zur Bestimmung des Lichtgenusses. (Mit einer Textfigur) 391

Wehmer, C.: Über Pigmentbildung bei *Merulius lacrymans* Schum. (Mit 3 Abbildungen im Text) 321

— — *Merulius lacrymans* und *M. silvester* 601

Wehrhahn, Heinz-Rolf: Wurde die Zitrone im ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnung in Italien kultiviert? (Mit einer Abbildung im Text) 99

Werth, E., und Ludwigs, K.: Zur Sporenbildung bei Rost- und Brandpilzen. (*Ustilago antherarum* Fries und *Puccinia Malvacearum* Mont.) (Mit Tafel XV) 522

Wieler, A.: Die Acidität der Zellmembranen 394

Wiesner, J. von: Heliotropismus und Strahlengang. (Mit 4 Textfiguren) 235

Wislouch, S. M.: *Thioploca ingrica* nov. sp. (Mit einer Abbildung im Text) 470

Wittmack, L.: Holz vom Porträtkopf der altägyptischen Königin Teje. (Mit 2 Abbildungen im Text) 275

Verzeichnis der Tafeln.

Tafel I zu **P. Graebner**, Erklärung auf Seite 10.
Tafel II zu **Paul Sorauer**, Erklärung auf Seite 48.
Tafel III zu **F. Jesenko**, Erklärung auf Seite 93.
Tafel IV zu **Eduard Gruber**, Erklärung auf Seite 133.
Tafel V zu **Gertrud Tobler-Wolff**, Erklärung auf Seite 150.
Tafel VI zu **A. Pascher**, Erklärung auf Seite 158.
Tafel VII zu **F. Hollendonner**, Erklärung auf Seite 162.
Tafel VIII zu **W. Bally**, Erklärung auf Seite 171.
Tafel IX zu **F. Jesenko**, Erklärung auf Seite 232.
Tafel X zu **O. Tunmann**, Erklärung auf Seite 256.
Tafel XI zu **V. Vouk**, Erklärung auf Seite 262.
Tafel XII zu **A. Nestler**, Erklärung auf Seite 334.
Tafel XIII zu **A. Famincyn**, Erklärung auf Seite 434.
Tafel XIV zu **A. Dengler**, Erklärung auf Seite 462.
Tafel XV zu **E. Werth** und **K. Ludwigs**, Erklärung auf Seite 527.
Tafel XVI zu **H. C. Schellenberg**, Erklärung auf Seite 594.
Tafel XVII zu **Friedrich Hildebrand**, Erklärung auf Seite 597.
Tafel XVIII zu **Karl Rudolph**, Erklärung auf Seite 629.
Tafel XIX zu **E. Molz** und **O. Morgenthaler**, Erklärung auf Seite 662.
Tafel XX zu **A. d'Angremond**, Erklärung auf Seite 691.
Tafel (I) zu **Karl Müller**, Erklärung auf Seite (60).

Übersicht der Hefte.

Heft 1 (S. 1—48), ausgegeben am 22. Februar 1912.
Heft 2 (S. 49—96), ausgegeben am 28. März 1912.
Heft 3 (S. 97—150), ausgegeben am 25. April 1912.
Heft 4 (S. 151—232), ausgegeben am 22. Mai 1912.
Heft 5 (S. 233—278), ausgegeben am 27. Juni 1912.
Heft 6 (S. 279—362), ausgegeben am 25. Juli 1912.
Heft 7 (S. 363—428), ausgegeben am 31. August 1912.
Heft 8 (S. 429—558), ausgegeben am 28. November 1912.
Heft 9 (S. 559—666), ausgegeben am 24. Dezember 1912.
Heft 10 (S. 667—714), ausgegeben am 30. Januar 1913.

1. Generalversammlungsheft [S. (1)—(60)], ausgegeben am 23. August 1912.
2. Generalversammlungsheft (Schlußheft) [S. (61)—(169)], ausgegeben am 28. Februar 1913.

Berichtigungen.

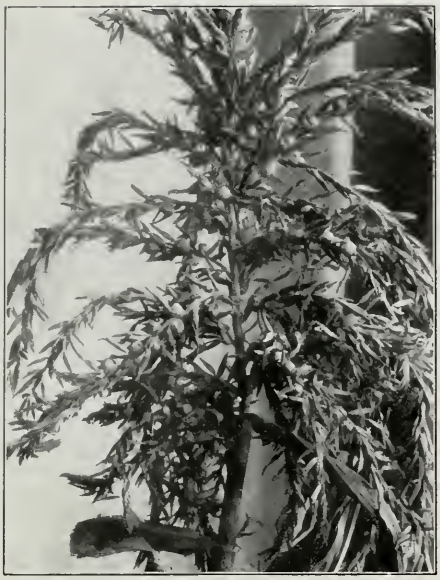
S. 141, Anm. 2, Zeile 3 lies hoch kolloide statt hoch disperse.
S. 284, Zeile 5 von unten und S. 285, dritte Zeile lies *coccineum* statt *cocerneum*.
S. 293, Zeile 14 lies Arten statt Arten Arten.
S. 296, Zeile 17 lies — 1,8° statt 1,8°.
S. 329, Zeile 17 lies meist nicht statt nicht meist.
S. 379, Zeile 7 lies zweihäusigen statt einhäusigen.
S. 383, Zeile 9 lies CAMERARIUS statt SPRENGEL.
S. 544 ist einzufügen: Bei der Bestimmung des phototropischen Schwellenwertes der extremen Temperaturen ausgesetzt gewesenen Pflanzen waren zur Kontrolle „normale" (d. h. bei Zimmertemperaturen aufgezogene) Pflanzen in gleiche Entfernung von der Lichtquelle wie die betreffenden Versuchskulturen aufgestellt. Die fraglichen Versuchspflanzen wurden somit bei der phototropischen Schwelle direkt mit „normalen" Keimlingen verglichen, so daß die unbedeutenden Fluktuationen der Lichtintensität nicht auf das Resultat eingewirkt haben. Diese Kontrollkulturen werden S. 549 besprochen.
S. 549, Zeile 8 lies nur statt um, Zeile 18 lies nach statt von, Zeile 11 von unten lies genauesten statt genannten.
S. 550, Zeile 21 lies WEIGERT statt Weigart.

1

2

3

4

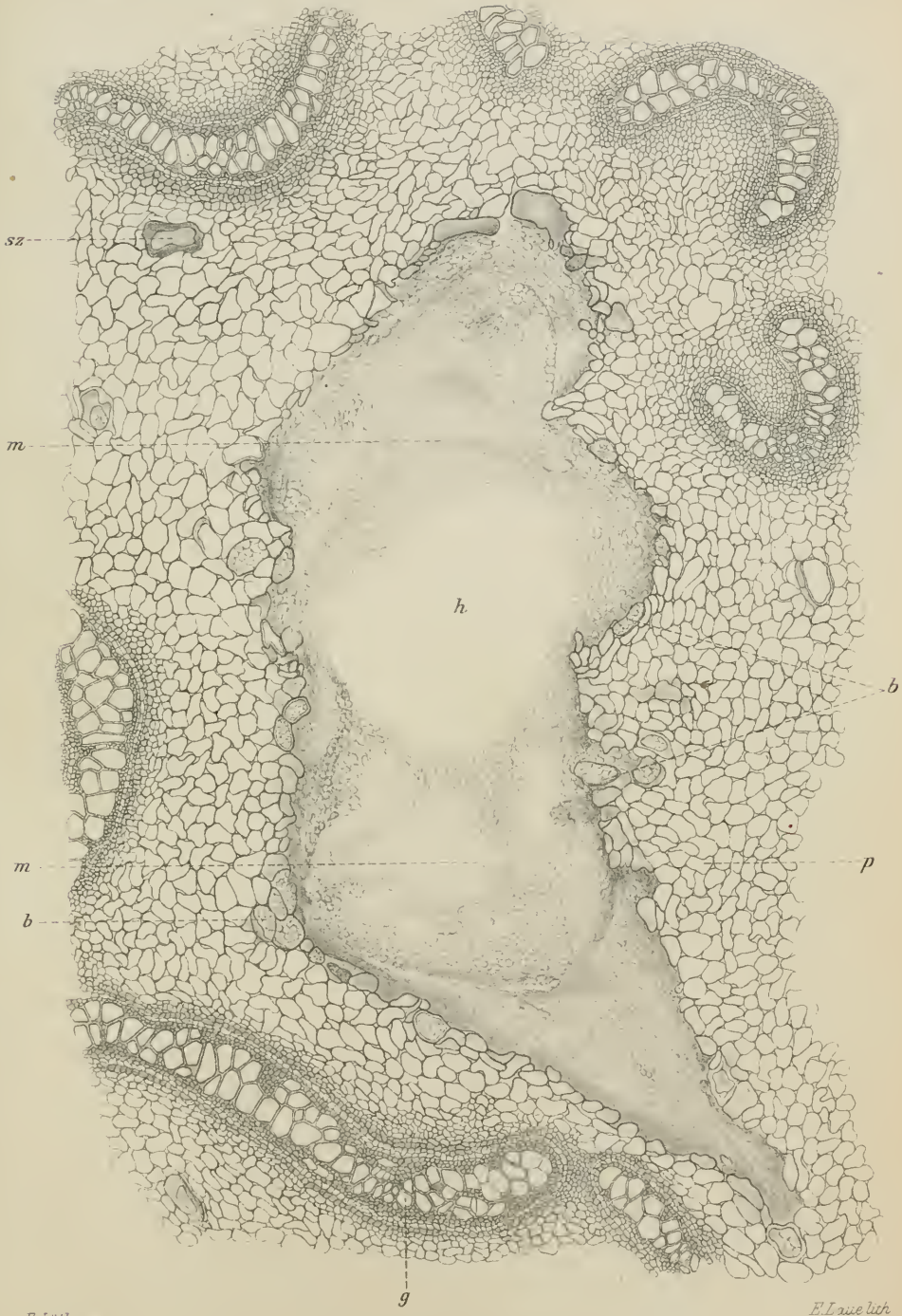


5

6

7

8



E. Lütke gez. E. Lauelith.

a b

Fig. 1.

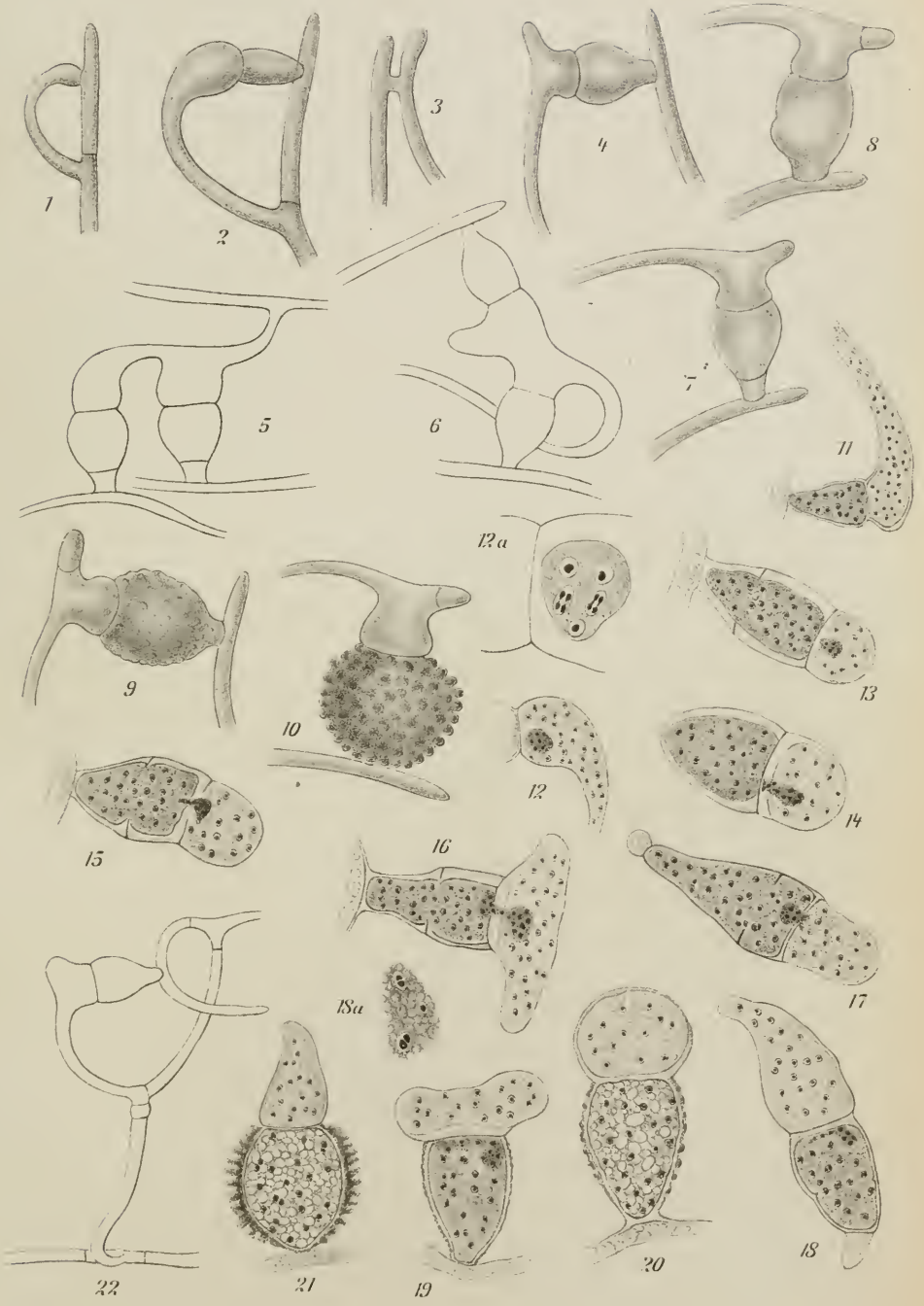
Fig. 2.

a b c

Fig. 3.

a b c

Fig. 4.



E. Gruber gez. E. Lauelith.

1

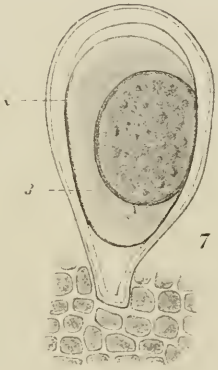
2

3

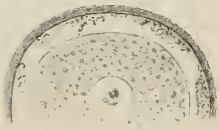
4

5

6



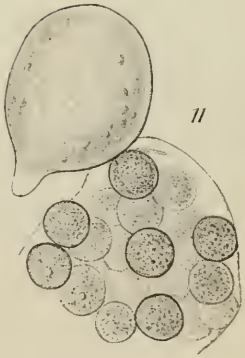
7



8

9

10



11

12

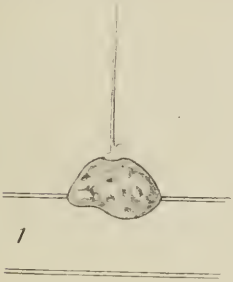
13

14

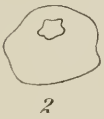
15

G. T. Hargitz

E. Lone lith.

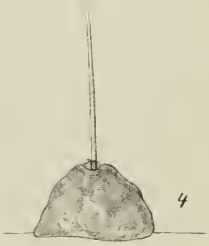


1

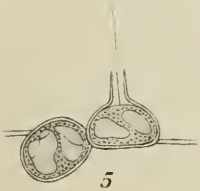


2

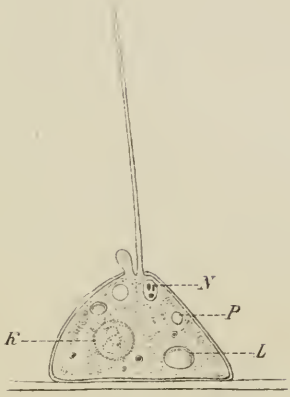
3



4



5



8

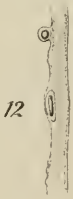
6

7

9

10

11



12

13

14

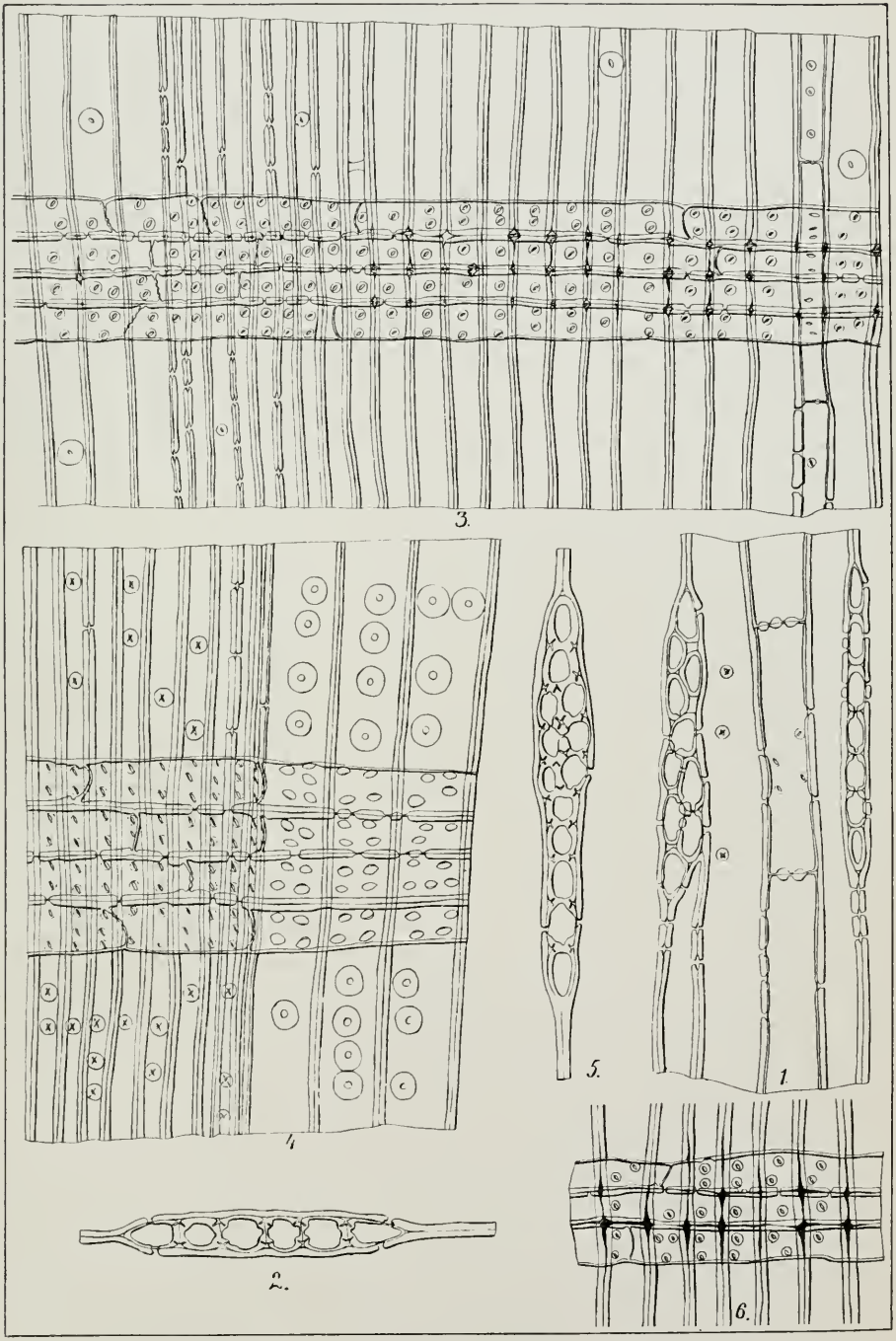
15

16

18

17

19



Del. F. Hollerdonner.

W. Bally gez. E. Lauelith.

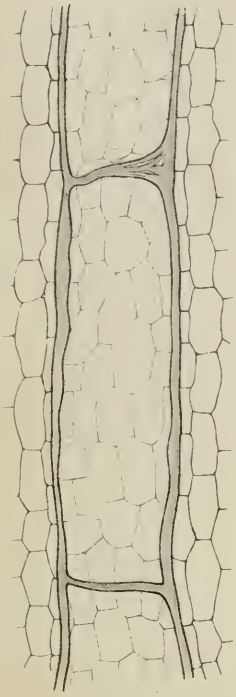
Fig. 1.

Fig. 2.

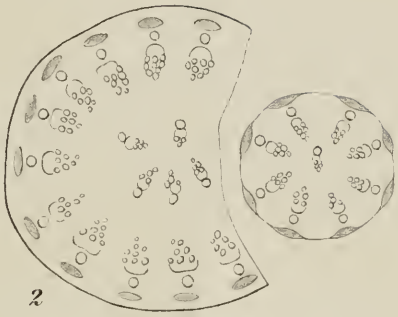
Fig. 3.

Fig. 4.

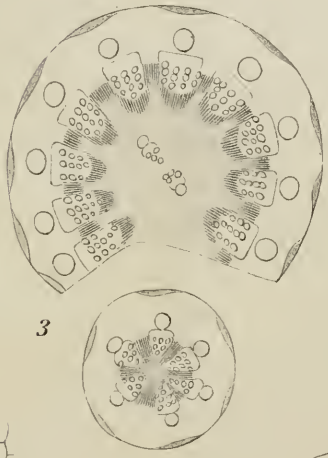
Jesenko phot.



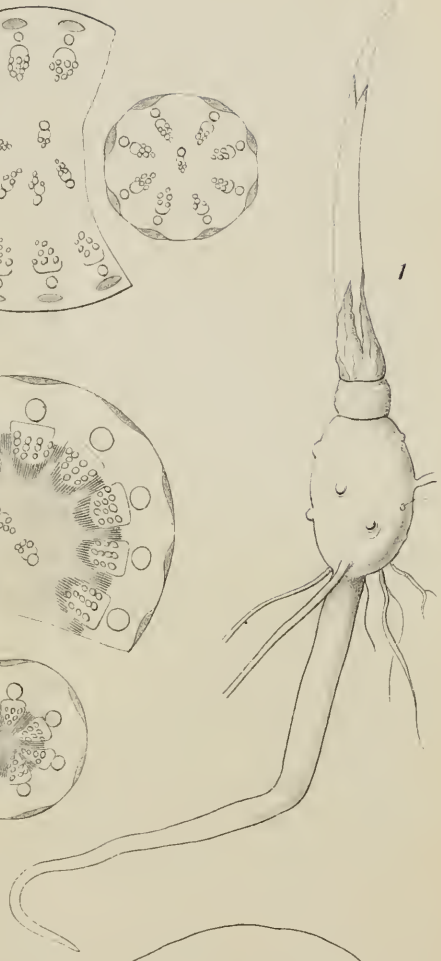
4



2

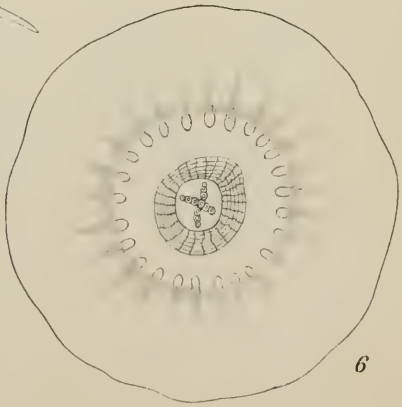


3



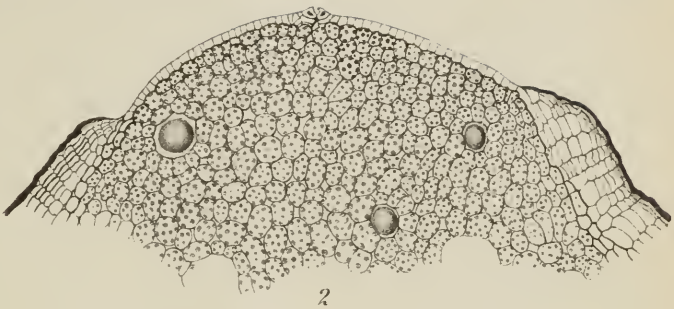
1

5

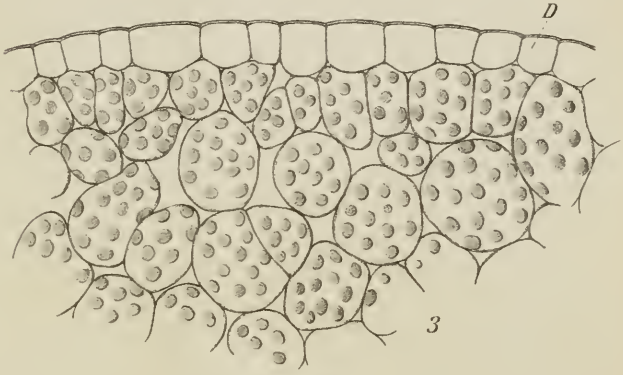


6

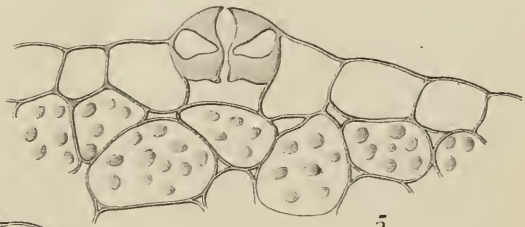
1



2



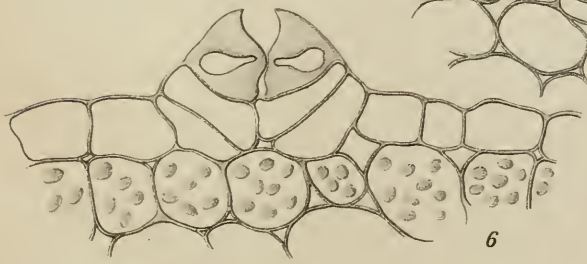
3



5

4

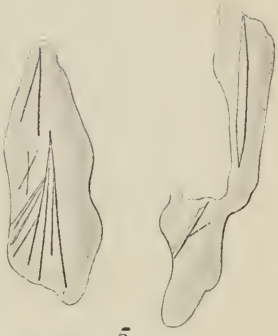
7



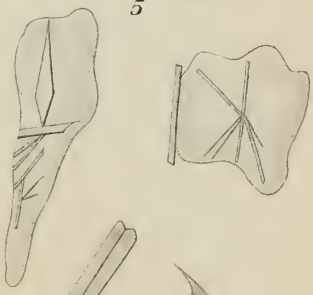
6

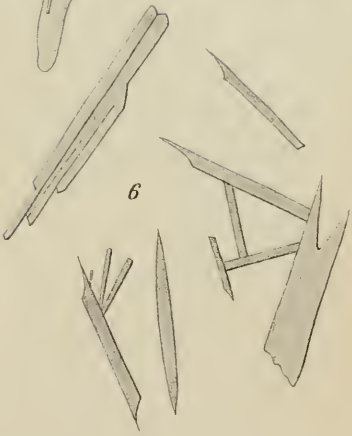
Cicklhorn u. Vouk gez. E. Lauze lith.

1

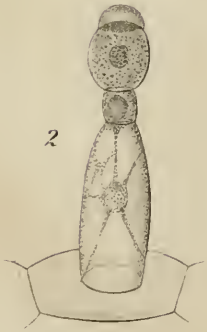


5



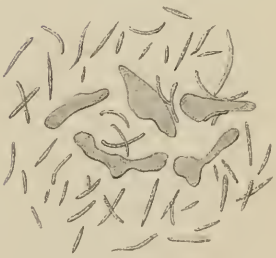


6



2

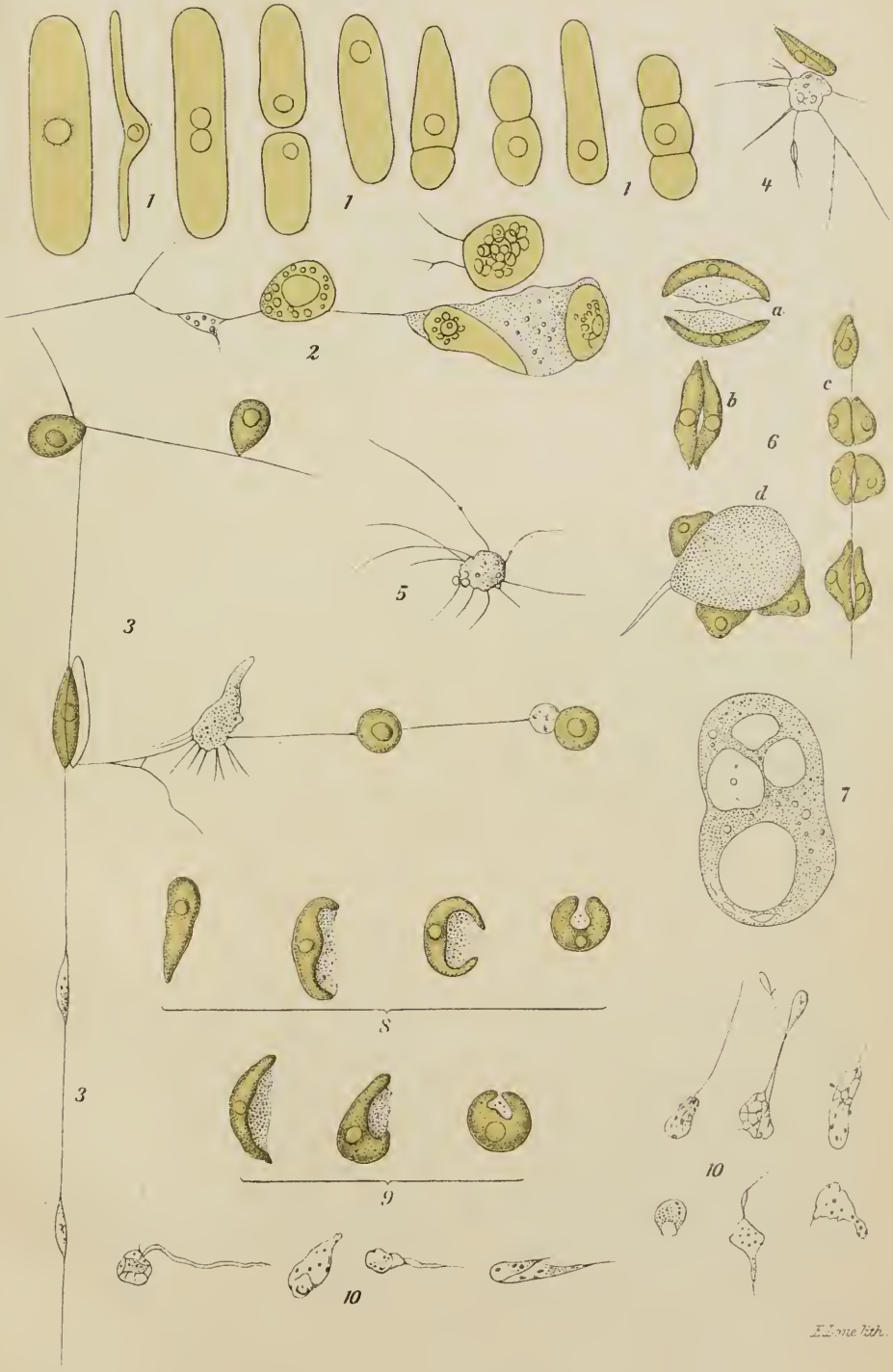
3



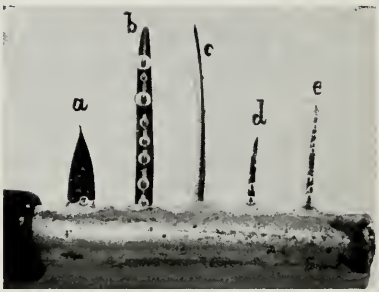
4

A. Nestler gez.

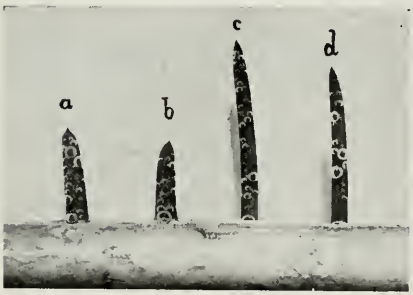
E. Laue lith.


1
1
1
4
2
a
b
c
6
d
5
3
7
8
3
9
10
10

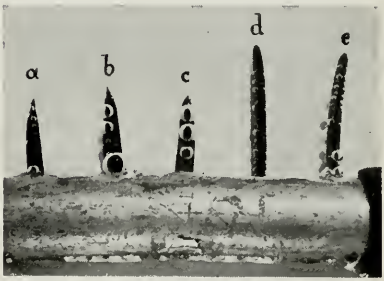
1



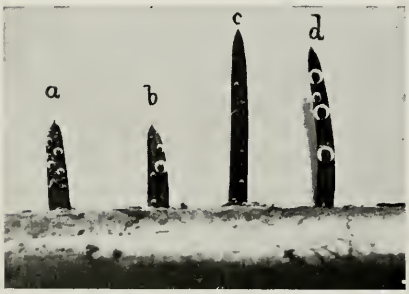
4



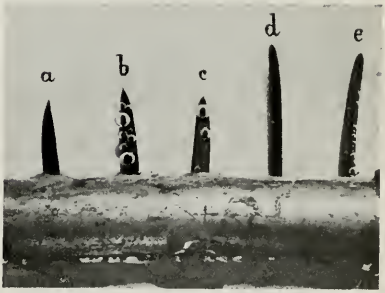
2



5



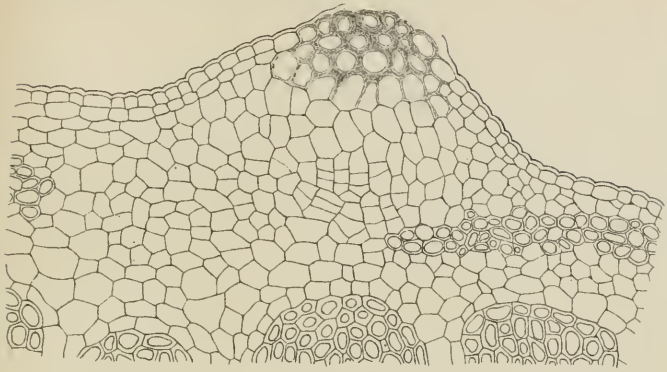
3



6

A. Dengler phot.

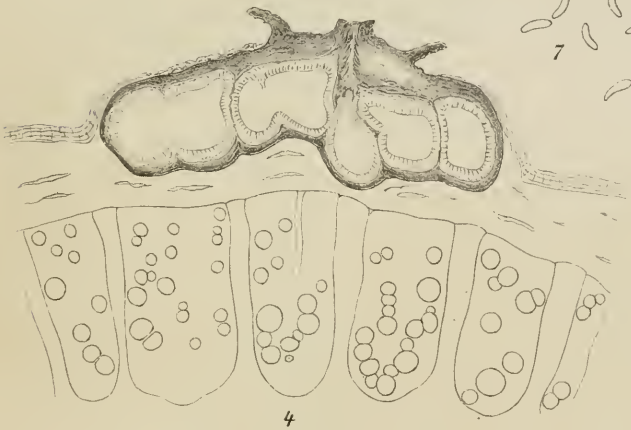
1
2
3
4
6
13
8
11
12
12
22
7
9
32
18
21
5
10
19
20
16
14
15
17
24
25
26
28
36
37
38
35
27
23
33
34
31
29
30
39



3

1 2

7



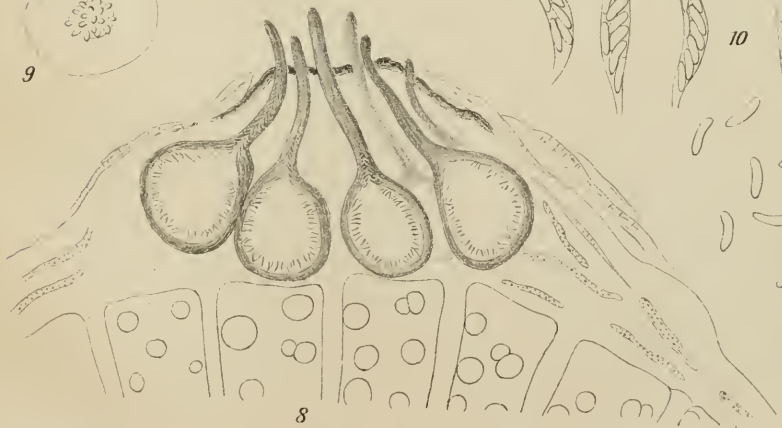
4

6

5

10

9



8

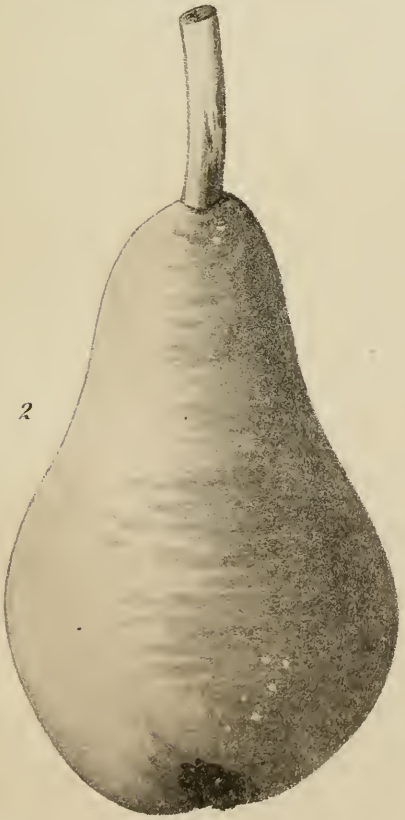
11

H C Schellenberg gez

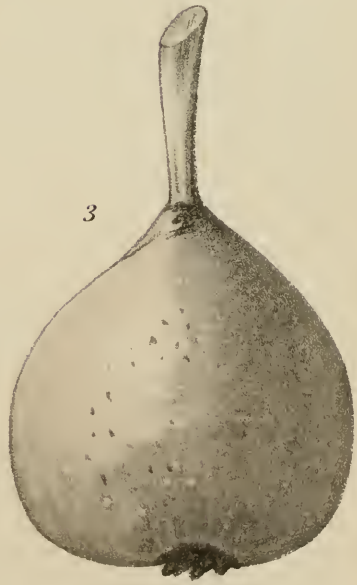
E Lanelübr

1

4



2



3

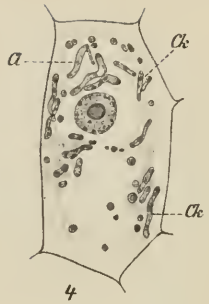
K. Dahlke gez

E. Laue lith

1

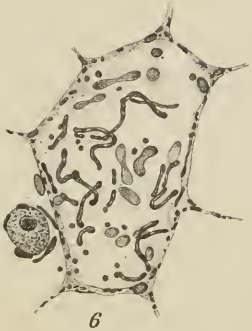
2

3

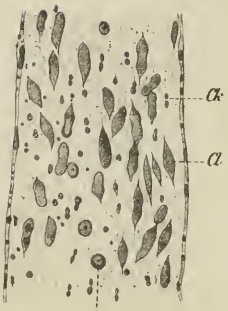


4

5

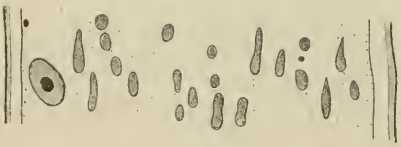


6



k 9

7



8b

8a

Autor u. Jedlicka gez. F. Louie lith.

1

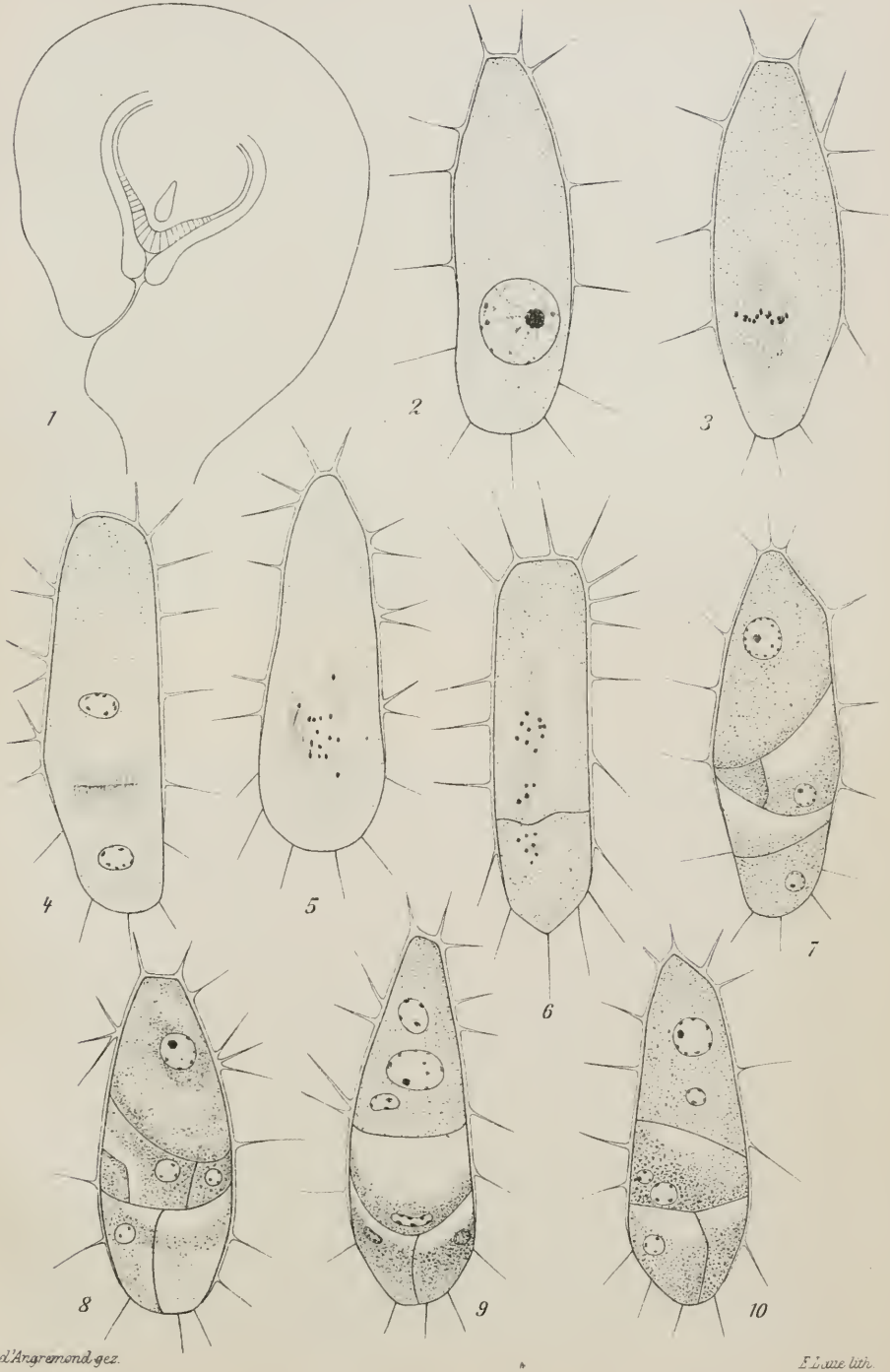
2

3

4

5

Molz phot., Morgenthaler del.



A. d'Angremond gez. E. Luce lith.

Abb. 1.

Phot. K. Müller.

Abb. 2.

New York Botanical Garden Library
3 5185 00259 1749